

VULNERABILIDADE SOCIAL EM ÁREA URBANA SUSCETÍVEL ÀS INUNDAÇÕES E NA BACIA DO CÓRREGO DO LENHEIRO EM SÃO JOÃO DEL – REI – MG**SOCIAL VULNERABILITY IN FLOOD-PRONE URBAN AREA IN THE LENHEIRO BASIN IN SÃO JOÃO DEL – REI – MG**Thiago Gonçalves Santos¹Silvia Elena Ventorini²**RESUMO**

As inundações são frequentes em muitas cidades brasileiras a cada período chuvoso e a bacia hidrográfica é unidade de planejamento e gerenciamento desses desastres. A dificuldade consiste em gerenciar e planejar os problemas urbanos em áreas de bacias com extensões significativas já urbanizadas, nas quais os impactos ambientais e a infraestrutura precária agravam os prejuízos socioeconômicos nos períodos chuvosos. A Análise Multicritério e a Análise Hierárquica de Processos têm sido utilizadas para modelar os fenômenos naturais e antrópicos. Desta forma, neste artigo apresenta-se a metodologia para mapear e modelar áreas suscetíveis às inundações e indicar o grau de vulnerabilidade da população residente em área urbana da Bacia do Córrego do Lenheiro. Primeiramente, apresenta-se o referencial teórico sobre os termos desastre, risco, perigo e vulnerabilidade. Depois, como os procedimentos metodológicos possibilitaram gerar mapeamento e modelos como apoio ao planejamento e gerenciamento de locais propícios aos riscos de inundações, assim como indicar o grau de vulnerabilidade da população antes e depois de um desastre.

Palavras-chave: Análise Multicritério; Mapas Temáticos. Análise Hierárquica de Processos.

ABSTRACT

Floods are frequent during raining periods in many Brazilian cities, and the drainage basin is a unit for studies and disaster management. The difficulty is to manage and plan the urban problems in areas of basins with significant urbanized extensions, where the impacts and precarious infrastructure increase the socioeconomic losses in rainy periods. Multicriteria Analysis and Hierarchical Analysis of Criteria have been used to model natural and man-made phenomena. In this way, this manuscript shows an approach that it was possible to do both: to map and model these areas which tend to be flooded, and to

¹Mestrando do Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal de São João Del-Rei (UFSJ). thiaguim.13@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5720-0260>

²Docente do departamento de Geografia da Universidade Federal de São João Del-Rei (UFSJ). Pesquisadora do Grupo Geotecnologias e Cartografias Aplicadas à Geografia (GEOCART) sventorini@ufs.edu.br ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3783-3164>

indicate a measurement of population vulnerability in the basin “Córrego do Lenheiro”. First, the theoretical framework about the terms disaster, risk, hazard and vulnerability is presented. After, the text shows how the adopted methodological procedures allowed the development of maps and models, which could be used as a support for planning and managing the flooding risk areas, as well as indicating the vulnerability of the citizens before and after a disaster.

Keywords: Multicriteria Analysis; Thematic Maps; Hierarchical Analysis of Criteria.

INTRODUÇÃO

O mapeamento de bacias hidrográficas no Brasil está previsto pela Lei n.º 12 608 de 10 de abril de 2012 e normatiza a adoção de bacia hidrográfica como unidade de estudo e determina à competência dos Estados em investigar e mapear as áreas vulneráveis e suscetíveis aos riscos de desastres.

O Ministério das Cidades busca apoiar ações em municípios brasileiros que estão propícios a serem atingidos por enchentes, inundações e deslizamentos de encostas. Dentre as ações destacam-se o apoio aos gestores municipais no que se refere ao planejamento e gerenciamento urbano de áreas de riscos e à capacitação técnica para mapear as áreas suscetíveis aos desastres, assim como elaborar um sistema municipal de gerenciamento de riscos, articulado e integrado com as políticas de habitação, saneamento e Defesa Civil (ALMEIDA, 2007). Para Hora e Gomes (2009, p. 60), “[...] a aplicação da Cartografia na identificação e diagnóstico de áreas de risco tem sido bastante explorada em diversas cidades brasileiras [...]”.

A Análise Multicritério (AM) é muito utilizada por pesquisadores de diversas áreas e tem mostrado eficiente para modelar um sistema frente à realidade. A AM pode ser definida como um método de apoio à tomada de decisão baseado na análise de alternativas para a resolução de um determinado problema. (MOURA, 2007; MOURA, JANKOWSKI, 2016; ALMEIDA, 2007; SANTOS, VENTORINI, 2017a, 2017b).

A AM é adequada para modelar um fenômeno e subsidiar a tomada de decisões por possibilitar relacionar diferentes variáveis sociais econômicas e ambientais por meio da

atribuição de pesos (influências) e valores numéricos em mapas temáticos. Os critérios para a determinação dos pesos pode ter como base dados primários e secundários, além dos conhecimentos específicos dos pesquisadores e especialistas sobre o fenômeno estudado. (GIGOVIĆ et al., 2009; RIMBA et al., 2017; OGATO et al. 2020; MATERANO, BRITO, 2020).

A aplicação de pesos em estudos na AM pode ser realizada pela Análise Hierárquica de Processos (AHP). Este procedimento estatístico, proposto por Saaty (1991), permite a estruturação hierárquica do problema, além de estabelecer a relação entre as variáveis e o objetivo principal, assim como mensurar e manipular de forma qualitativa a ordenação de contribuição da variável analisada para o resultado final (RIBEIRO, ALVES, 2006).

A aplicação da AM e AHP à identificação de áreas suscetíveis aos riscos de inundações permite a integração entre as partes de um sistema (WANG, et. al, 2011; OGATO et al., 2020) e pode ser aplicada em escala local (FERNANDÉZ, LUTZ; 2009), em escala regional (RAHMATI, ZEINIVAND, BESHARAT, 2015; MAHMOUD, GAN, 2018) e em escala nacional (VOJTEK, VOJTEKOVÁ, 2019). A combinação entre os procedimentos da AM e AHP permitiu a identificação dos riscos às inundações na cidade de Tucumán, na Argentina (FERNANDEZ, LUTZ, 2009), no estado de Riyadh, na Arábia Saudita (MAHMOUD, GAN, 2018) e do território da Eslováquia (VOJTEK, VOJTEKOVÁ, 2019).

No ambiente de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), a AM é utilizada para modelar um fenômeno a partir de informações disponibilizadas em mapas temáticos (WANG, et. al., 2011; BATHRELLOS et al., 2011; CHOWDARY et al., 2013; GUO et al., 2014; OGATO, et al., 2020). Segundo Ouma e Tateishi (2014), os mapas de áreas suscetíveis às inundações devem ser elaborados, pois, fornecem uma base para a tomada de decisão do poder público para o desenvolvimento de ações voltadas para o gerenciamento dos riscos.

Neste contexto, neste artigo apresenta-se a metodologia para mapear e modelar áreas suscetíveis o objetivo deste artigo é apresentar o mapeamento das áreas suscetíveis

às inundações e a vulnerabilidade social da população residente em bairros localizados na Bacia hidrográfica do Córrego do Lenheiro, antes e depois de da ocorrência de uma inundação.

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo foi a Bacia do Córrego de Lenheiro, localizada no município de São João del – Rei, Minas Gerais (Figura 1), cuja ocupação urbana iniciou-se no século XVIII. Em sua escolha considerou-se a dificuldade de gerenciar e planejar os problemas urbanos em áreas de bacias com extensões significativas já urbanizadas, nas quais os impactos ambientais e a infraestrutura precária de coleta de águas pluviais agravam os prejuízos socioeconômicos nos períodos chuvosos (SANTOS; VENTORINI, 2017a).

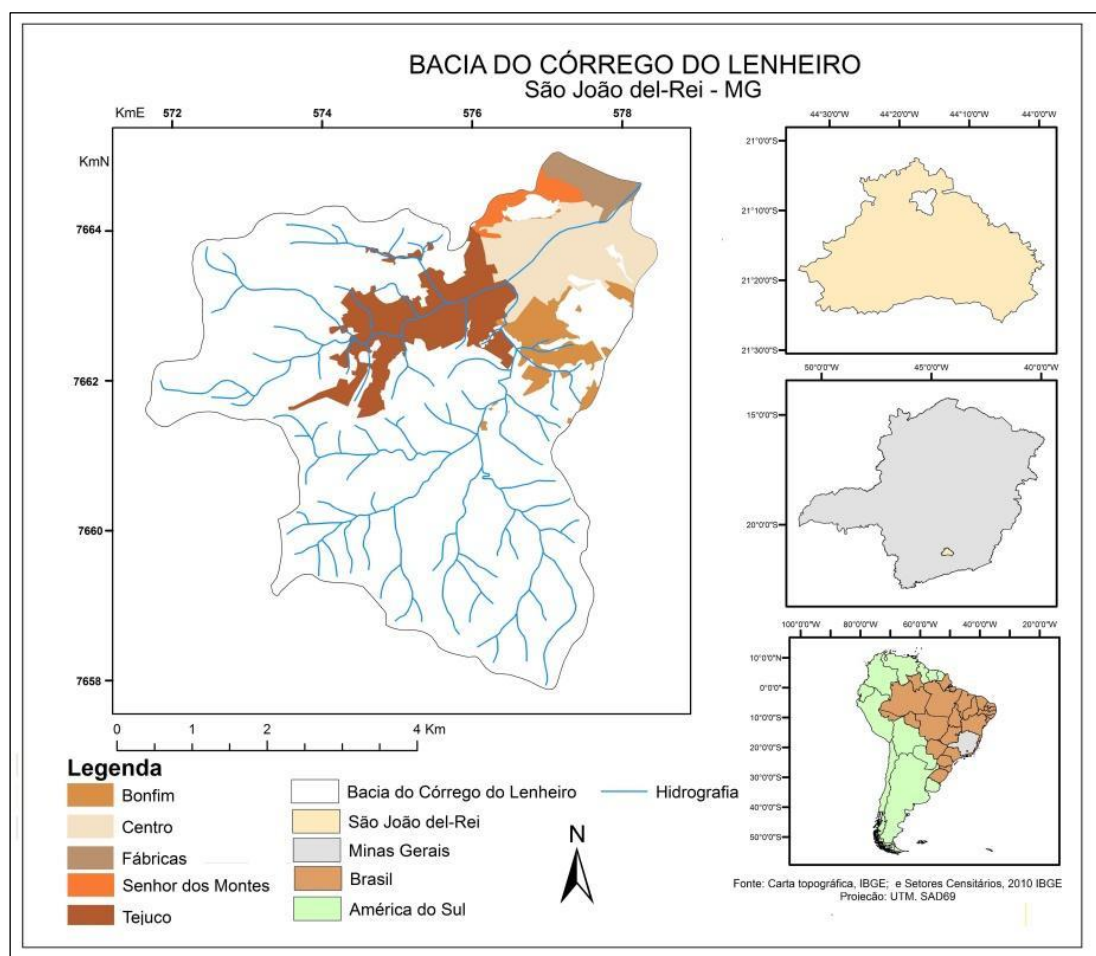


Figura 1. Localização da Bacia do Córrego do Lenheiro
Fonte: Santos e Ventorini (2017a).

O primeiro núcleo urbano no município de São João del – Rei surgiu no ano de 1713, devido à exploração aurífera e nas margens do Córrego do Lenheiro. Posteriormente, expandiu-se, ao longo de mais de três séculos, em áreas de sua bacia e sempre condicionada pela topografia, hidrografia e divisa política com os municípios de Tiradentes e de Santa Cruz de Minas (SANTOS; VENTORINI, 2017a). As inundações na área urbana da referida Bacia são constantes em cada período chuvoso e geram prejuízos sociais e econômicos. Desta forma justifica-se a escolha dessa bacia como área de estudo.

CONSIDERAÇÕES SOBRE OS TERMOS DESASTRE, RISCO, PERIGO E VULNERABILIDADE

A discussão sobre o termo desastre neste artigo tem como ênfase seu contexto na área da Ciência Geográfica e a atuação da Defesa Civil no Brasil. O termo é definido como acontecimentos naturais ou provocados e potencializados pelo homem em um sistema cujas consequências resultam em perdas de vidas humanas, prejuízos econômicos, sociais e danos ambientais (CASTRO, 1998).

As variáveis que envolvem a ocorrência de um desastre permitem classificá-lo conforme sua: intensidade, evolução e origem (CASTRO, 1998; KOBAYAMA et al., 2006). A intensidade, de acordo com seus respectivos níveis, é determinada pela relação entre o que é prioritário em relação ao que é possível realizar (o que está disponível) para restabelecer a dinâmica de funcionamento das áreas afetadas.

A evolução de um desastre pode ser classificada de três formas: Súbitos, devido à rapidez em que os processos ocorrem, como as inundações e enchentes; Graduais, que pode aumentar seu grau com o passar do tempo (meses ou anos), como a seca; e Somação, ocasionados, por exemplo, por epidemias (CASTRO, 1998; MARCELINO, 2008; KOBAYAMA et al., 2006).

Risco refere-se à possível ocorrência de um fenômeno e sua intensificação por danos causados em uma determinada área, ou seja, quanto maior o grau de perda, maior o

risco. A ampla utilização do conceito em diversas áreas do conhecimento corrobora para uma definição do termo ainda não muito clara (ZUCHERATO, 2018).

Na literatura científica, o risco está incluindo na categoria de análise integrada às noções de incerteza e prejuízos materiais, econômicos e humanos e, pode ocorrer, em detrimento de processos naturais como exógenos e endógenos da Terra ou associados à atividade antrópica (CASTRO et al., 2005). Para Lourenço e Almeida (2018, p.27) o termo risco é entendido como “algo de potencial, que pode vir a manifestar-se ou não e, nessas circunstâncias, parece-nos que ele deverá situar-se a montante do perigo”.

Perigo é definido como processo decorrente ao risco capaz de causar efeitos danosos a uma região habitada, ou seja, gera uma condição para a ocorrência de prejuízos econômicos, sociais, perda de vidas humanas e danos ambientais (CASTRO, 1998). O perigo marca a transição entre a manifestação do risco, indicado pelos sinais de alerta (perigosidade) e o início da crise, onde os riscos ocorrem de maneira plena (LOURENÇO, ALMEIDA, 2018).

Vulnerabilidade está associada à exposição dos elementos presentes nas áreas de risco, a sensibilidade do nível dos danos em relação aos impactos causados aos elementos expostos e a capacidade de resposta para redução do risco ao qual a população se encontra (LOURENÇO; ALMEIDA, 2018). Em relação a um desastre, a vulnerabilidade determina as características e dimensões do impacto causado e os fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais que torna uma área mais suscetível à ocorrência de riscos (TOMINAGA, 2009). Desta forma, “[...] a vulnerabilidade compreende tanto aspectos físicos (resistências de construções e proteções da infraestrutura) como fatores humanos, tais como econômicos, sociais, políticos, técnicos, culturais, educacionais e institucionais” (TOMINAGA, 2009, p. 151).

A vulnerabilidade social está relacionada às características que fazem uma sociedade, localidade ou mesmo uma única residência serem vulneráveis e são resultados de ações ou condições sociais (GOERL et al., 2011). Tais características estão associadas à

vulnerabilidade nos aspectos da saúde, renda, a ineficiência de políticas públicas, entre outros. Por exemplo, o acontecimento de um desastre de mesma magnitude em dois países com populações com graus de vulnerabilidades sociais distintas, como nos Estados Unidos e no Haiti: os impactos do desastre são mais nocivos aos haitianos pelo fato de serem mais vulneráveis socialmente e economicamente quando comparados aos norte-americanos.

Através de procedimentos de modelagem com base na AM e a AHP pode-se modelar o grau de vulnerabilidade da população residente em um local, antes e depois da ocorrência de inundações cujos resultados auxiliam a tomada de decisão para minimizar as vulnerabilidades sociais.

METODOLOGIA

A fundamentação teórica teve como base a Teoria Geral dos Sistemas Aplicada à Geografia, proposta por Christofolletti (1979). Sua aplicação permite a análise integrada de variáveis físicas e sociais, bem como de seus elementos (CHRISTOFOLETTI, 1979, 1990; AUMOND et al., 2012; SOUZA, CUNHA, 2012; TROPMAIR, 2004, 2006).

A partir de dados alfanuméricos e vetores dos Setores Censitários (IBGE, 2010) e de mapas dos limites da bacia e de sua área urbana (SANTOS; VENTORINI, 2017a, 2017b), elaboram-se mapas temáticos que representam a (o): densidade demográfica, quantidade de domicílios, população, média de população, renda, taxa de analfabetismos; taxa de dependência e Índice de Desenvolvimento Humano. Os mapas foram transformados em raster e partir da AM e da AHP gerou-se o Modelo de Vulnerabilidade Social. As influências e os pesos adotados tiveram como base a AHP (Quadro 1).

Análise Hierárquica de Processos (AHP)

Pesos	Definição
1	Importância igual: Os dois fatores contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância moderada: Um fator é ligeiramente mais importante que o outro.
5	Importância essencial: Um fator é claramente mais importante que o outro.
7	Importância demonstrada: Um fator é fortemente favorecido e sua maior relevância foi demonstrada na prática.
9	Importância extrema: A evidência que diferencia os fatores é da maior ordem possível.
2,4,6,8	Valores intermediários entre julgamentos: Possibilidade de compromissos adicionais.

Quadro 1. Análise Hierárquica de Processos.

Fonte: Adaptado de Saaty (2008).

O SIG utilizado foi o ArcGis®, versão 10.5, a Fórmula (1) ilustra os procedimentos adotados e o Quadro II mostra os valores numéricos aplicados a cada classe de mapa e as influências (pesos) atribuídas para cada mapa. As informações detalhadas por Setores Censitários tiveram as maiores influências, já as informações ao nível municipal como IDH, taxa de dependência e taxa de analfabetismo receberam as menores influências. As influências adotadas tiveram como base Goerl, et al. (2011) que usaram como parâmetros para análises da vulnerabilidade a densidade demográfica, o número de moradores a renda, as taxas de dependência e analfabetismo e IDH.

$$VS = \frac{(Dd*18)+(Dom*12)+(IDHM*7)\pm Mm*10)+(Pop*13)+(R*16)+(TxA*8)+(TxD*16)}{100} \quad (1)$$

Onde

VS é a vulnerabilidade social;

Dd é a densidade demográfica;

Dom são os domicílios;

IDHM é o índice de desenvolvimento humano municipal;

Mm é a média de moradores por Setor Censitário;

Pop é a população por Setor Censitário

R é a renda;

TxA é a taxa de analfabetismo;

TxD é a taxa de dependência.

Variáveis	Influências	Classes	Pesos
<i>Densidade demográfica</i>	18%	0,94 a 3,37 (hab/m ²)	1
		3,38 a 5,41 (hab/m ²)	2
		4,42 a 8,11 (hab/m ²)	3
		8,12 a 10,86 (hab/m ²)	4
		10,86 a 13,44 (hab/m ²)	5
<i>Domicílios</i>	12%	113 a 160 domicílios	1
		161 a 207 domicílios	2
		208 a 253 domicílios	3
		254 a 347 domicílios	4
		348 a 602 domicílios	5
<i>IDHM</i>	7%	IDHM 0,758	1
<i>Média de Moradores</i>	10%	1,47 a 1,92 (pop/dom)	1
		1,93 a 2,30 (pop/dom)	2
		2,31 a 2,62 (pop/dom)	3
		2,63 a 2,94 (pop/dom)	4
		2,95 a 3,43 (pop/dom)	5
<i>População</i>	13%	202 a 366 habitantes	1
		367 a 569 habitantes	2
		570 a 755 habitantes	3
		756 a 992 habitantes	4
		993 a 1641 habitantes	5
<i>Renda</i>	16%	De 0 a 5 salários	3
		5 a 20 salários	5
<i>Taxa de Analfabetismo</i>	8%	3,7% da população	1
<i>Taxa de Dependência</i>	6%	20,95% da população	1

Quadro 2. Atribuição de pesos e influencias para o modelo de vulnerabilidade social.

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Para o mapa de vulnerabilidade social às inundações foram utilizados os modelos de vulnerabilidade social e o modelo de inundações elaborado pelos autores em pesquisa anterior (SANTOS, 2017; SANTOS, VENTORINI, 2017a 2017b). A fórmula (2) e o quadro (3) exemplificam o procedimento utilizado.

$$VSI = \frac{(VS*50)+(INU*50)}{100} \quad (2)$$

Onde

VSI é a vulnerabilidade social às inundações;

VS a vulnerabilidade social da população;

INU o modelo síntese de inundação.

Variáveis	Influências	Classes	Pesos
<i>Modelo de Vulnerabilidade social</i>	50%	Muito baixo	1
		Baixo	2
		Médio	3
		Alto	4
		Muito alto	5
<i>Modelo de áreas suscetíveis às inundações</i>	50%	Muito baixo	1
		Baixo	2
		Médio	3
		Alto	4
		Muito alto	5

Quadro 3. Atribuição de pesos para a elaboração do modelo de vulnerabilidade social às inundações.

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Para verificar a veracidade das informações mapeadas e modeladas foram utilizados dados primários e dados secundários. Em campo, foi realizado registro fotográfico, observação e identificação de fatores naturais e antrópicos como presença de mata ciliar, escoamento superficial rápido e lento, ocupações de áreas de várzea, impermeabilização do solo, qualidade da infraestrutura para coleta de águas fluviais e pluviais, existência de rede de esgoto, padrão das residências, existências de comércios, etc.

Os dados secundários referem-se aos registros de inundações da Defesa Civil (2013, 2015), o mapa digital com a setorização dos locais de risco muito alto e alto às ocorrências de inundações na cidade de São João del-Rei, elaborado e disponibilizado pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM, registros fotográficos de moradores publicados em redes sociais, jornais local e as publicações de Pôssa e Ventorini (2015), Ventorini et, al. (2016) e Almeida e Ventorini (2014) e Santos e Ventorini (2017a 2017b).

RESULTADOS

Na Bacia do Córrego do Lenheiro os riscos de inundações são intensificados pela ação ou omissão antrópica devido à ocupação urbana das áreas de várzeas do rio principal e de seus afluentes, da retirada da vegetação nativa, impermeabilização das áreas mais elevadas, não ampliação e manutenção da infraestrutura para coleta das águas pluviais e ausência de infraestrutura para amenizar a elevação das águas fluviais do Córrego do Lenheiro ao receber as águas dos seus afluentes.

De acordo com a classificação do grau de risco à inundação proposta pelo Ministério das Cidades (BRASIL, 2007) a Bacia do Córrego do Lenheiro é considerada como uma área de risco muito forte, cujo parâmetro é de pelo menos três ocorrências nos últimos 5 anos. No Plano de Contingência Proteção da Defesa Civil (DEFESA CIVIL, 2015) há registros de inundações para os anos de 2011, 2012 e 2013. Ressalta-se que, nos anos seguintes a publicação do Plano, os registros fotográficos de moradores em redes sociais e notícias em jornais locais comprovam as ocorrências de inundações nos anos de 2017, 2018, 2019 e 2020. As áreas com risco muito forte localizam-se ao longo do Córrego do Lenheiro e o afluente denominado Rio Acima, conforme indicado pelo Modelo de Inundações (Figura 2).

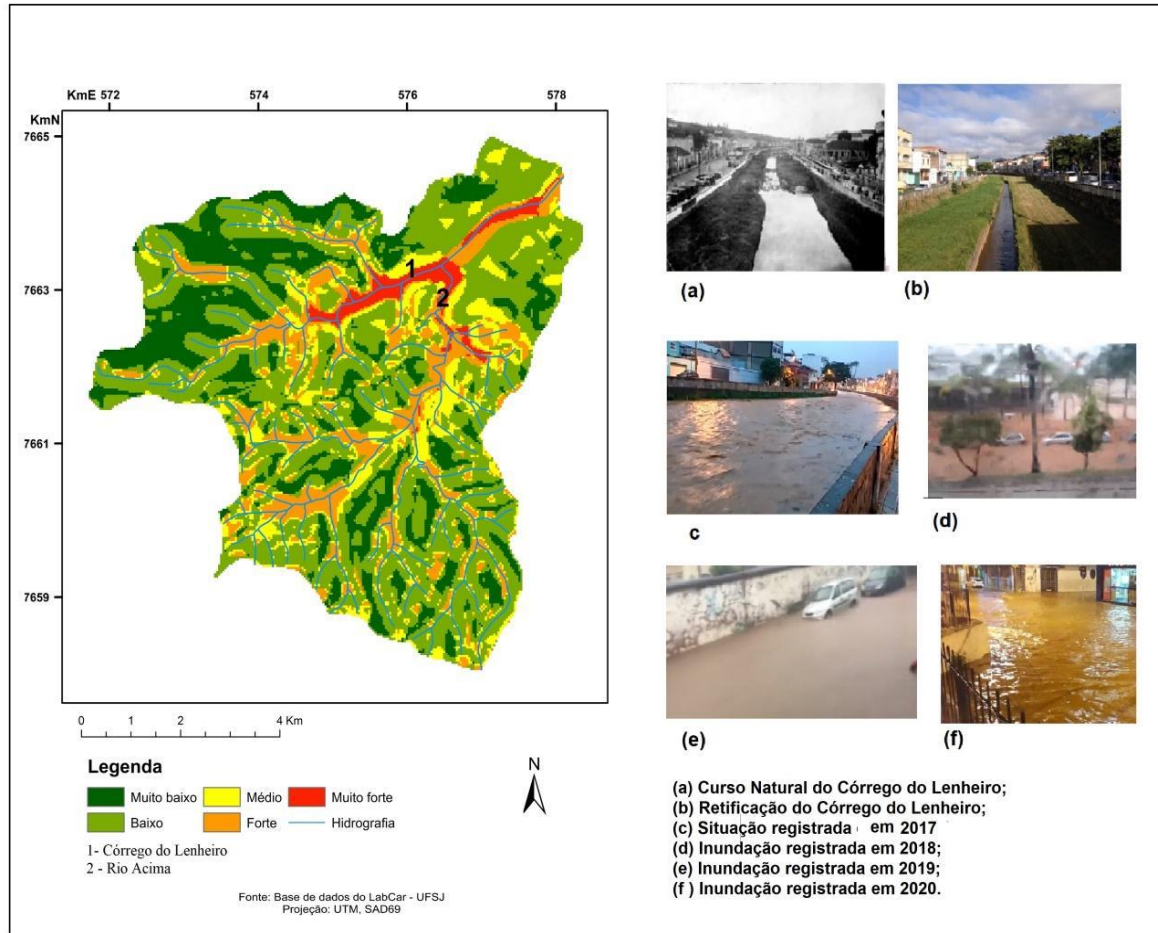


Figura 2. Modelo síntese de inundações e inundações na Bacia do Córrego do Lenheiro.

Fontes: Mapa adaptado de Santos e Ventrini (2017a), (a) e (b) SANTOS (2017), (c), Jornal Pop News (2018), (d) e (e) <<https://globoplay.globo.com/v/7449127/>> (f) <<https://barrosoemdia.com.br/destaque/sao-joao-del-rei-e-barbacena-tambem-sofrem-com-a-chuva/>>

Em fenômenos naturais não há limites rígidos de áreas como representam o Modelo, podendo ser os locais maiores ou menores dependendo da intensidade da precipitação que pode ou não potencializar tais fenômenos, da qualidade e manutenção da infraestrutura existente, da relação da população com a limpeza dos rios, etc.. No entanto, tais fatos não invalida o uso do Modelo como apoio ao planejamento e gerenciamento de áreas de riscos às inundações, assim como sua importância na geração de Modelo de Vulnerabilidade Social após uma inundação.

O Modelo de Vulnerabilidade Social, sem considerar a suscetibilidade de uma inundação apresentou duas classes de legenda: baixa e média vulnerabilidade da população urbana na Bacia do Córrego do Lenheiro (Figura 3).

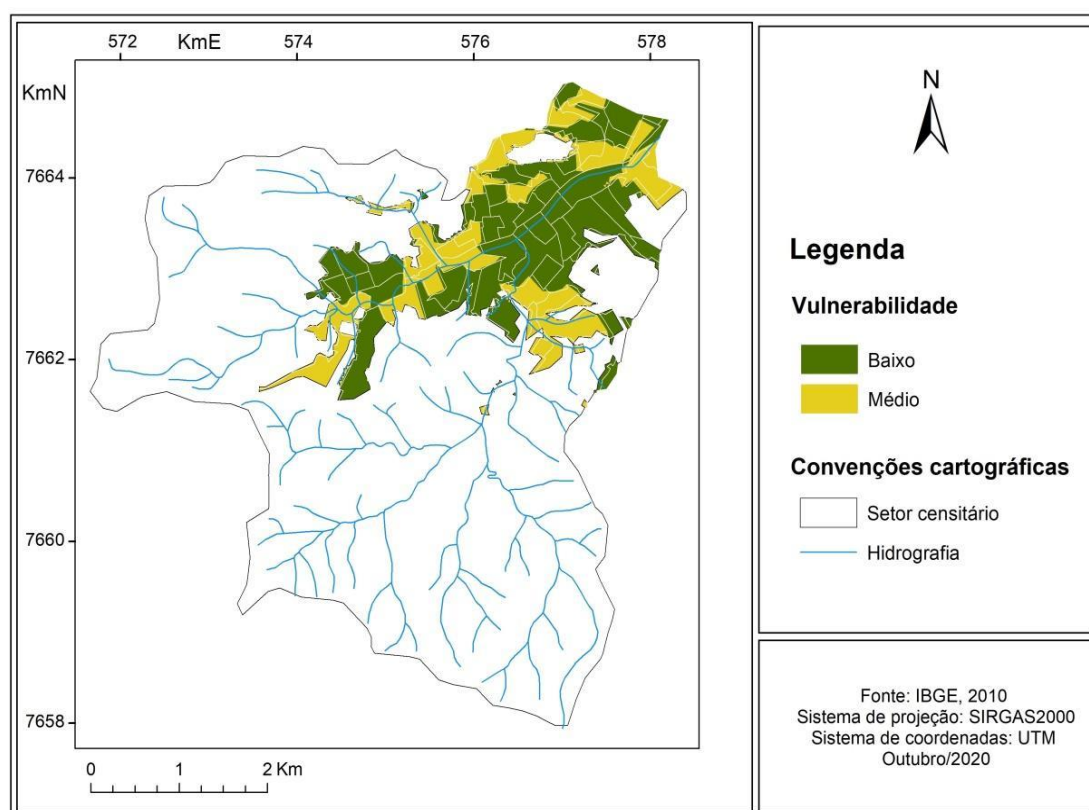


Figura 3. Mapa da vulnerabilidade social na Bacia do Córrego do Lenheiro.

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

As áreas indicadas por baixa vulnerabilidade se localizam, principalmente no Bairro Centro, com o indicativo de maior renda (de 6 a 20 salários mínimos) e com média de população por domicílio (1 até 2 hab/domicílio.) e densidade demográfica de muita baixa a baixa (1 até 5 hab./m²).

As áreas indicadas com média vulnerabilidade da população referem-se locais com indicativos de renda mais baixa (sem renda até 5 salários mínimos), média de população por domicilio (aproximadamente, de 3 até 5 hab/domicílio) e densidade demográfica (aproximadamente, 6 até 14 hab/m²). Esses dados são maiores quando comparados aos

locais com baixa vulnerabilidade da população cujos indicativos de renda variam entre 6 a 20 salários mínimos, a média de população por domicílio é de, aproximadamente, 1 a 2 hab/domicílio e a densidade demográfica varia, aproximadamente, de 1 a 5 hab/m². Como já citado, as taxas de dependência e de analfabetismo por Setores, assim com o IDH os valores são únicos para toda a área urbana do município. Por isso, os demais parâmetros foram considerados de maior importância no processo de modelagem.

Locais indicados com baixo grau de vulnerabilidade social no Modelo de Vulnerabilidade Social, tornaram-se de alto grau no Modelo de Vulnerabilidade Social à inundação (Figura 4). Ao noroeste da área com alto grau de vulnerabilidade há populações com baixa renda e quantidade significativa de população e de moradias. O mesmo ocorre na área nordeste. Já a parte central, entre as áreas noroeste e nordeste, com alto grau de vulnerabilidade, localizam-se o comércio e parte do centro histórico de São João del-Rei, composto por um conjunto arquitetônico tombado em 1938. Assim, os prejuízos econômicos são significativos diante de um Desastre, e a vulnerabilidade, nesse caso, é econômica e de perda de patrimônio histórico.

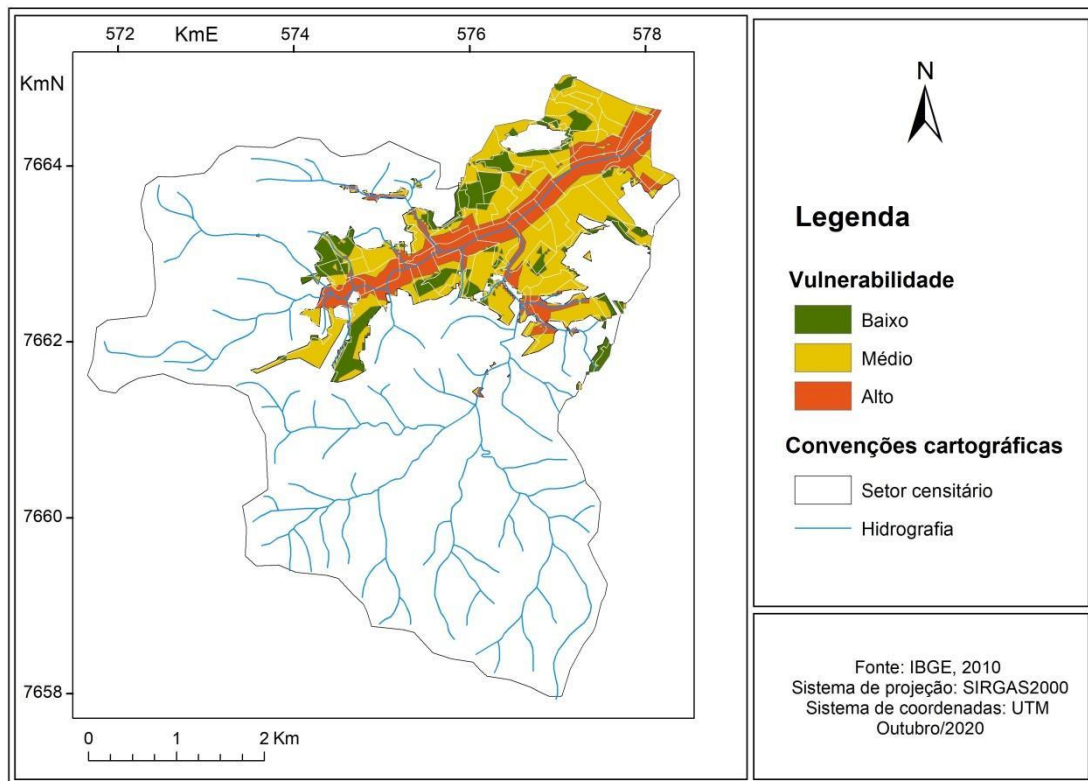


Figura 4. Mapa da vulnerabilidade social à inundação na Bacia do Córrego do Lenheiro.
Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Nas áreas identificadas como média vulnerabilidade localizam-se, principalmente, setores de bairros com maior quantidade de população e de moradia e com baixo rendimento (bairros denominados Tejuco, Bonfim, Senhor dos Montes e Fábricas). As áreas indicadas por baixa vulnerabilidade representam as áreas com baixo e médio risco as inundações e alguns lugares com forte risco. Constata-se que as áreas com maior vulnerabilidade são ao longo do Córrego do Lenheiro e que sofre inundações a cada período chuvoso.

Os modelos de Vulnerabilidade Social e de Vulnerabilidade Social às Inundações podem auxiliar o trabalho dos órgãos públicos municipais, como a Prefeitura Municipal de São João del – Rei e a Defesa Civil. O modelo representa graus de vulnerabilidades importantes para tomadas de decisões mitigativas antes, durante e depois de uma inundação.

Os procedimentos metodológicos, adotados na elaboração dos Modelos de vulnerabilidades sociais mostraram-se adequados para avaliar o grau de alteração na vulnerabilidade social da população que vive em áreas de risco após a ocorrência de inundações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os procedimentos metodológicos possibilitaram gerar mapeamento e modelos como apoio ao planejamento e gerenciamento de locais propícios aos riscos às inundações assim como indicar o grau de vulnerabilidade da população antes de depois de uma inundação, tendo como área de investigação a Bacia do Córrego do Lenheiro. Além disso, mostrou-se adequados para gerar material cartográfico de baixo custo, como apoio a medidas mitigadoras para amenizar problemas urbanos em uma bacia cujos impactos e a infraestrutura precária de coleta de águas pluviais agravam os prejuízos socioeconômicos nos períodos chuvosos.

A validação dos mapas temáticos através de dados primários coletados em campo e dados secundários possibilitou atribuir confiabilidade nas informações mapeadas para a geração dos modelos por meio do método da AM. Tal Análise orientou a tomada de decisão sobre qual modelagem realizar de acordo com o objetivo da investigação e o método baseado na AHP mostrou-se adequado para as aplicações das fórmulas adotadas na geração dos Modelos.

O processo de ocupação desordenado na Bacia do Córrego do Lenheiro reflete, hoje, em impactos causados pelas inundações. O fenômeno atinge a população da bacia e causa prejuízos econômicos e sociais aos moradores.

Os dados demográficos representados através de mapas temáticos permitiram a espacialização dos fenômenos avaliados. Tais dados possuem relevância para analisar a situação de vulnerabilidade social das populações. Ressalta-se a importância da análise dos aspectos sociais com os aspectos físicos como o caso das inundações, pois o grau de vulnerabilidade da população pode aumentar após uma inundação.

Uma base digital de dados cartográficos compostos por mapas temáticos cujas informações foram validadas permite a aplicação de procedimentos metodológicos importantes para a geração de Modelos não só dos aspectos físicos, mas também dos aspectos sociais.

A Teoria Geral dos Sistemas (TGS) utilizada permitiu a análise integrada de aspectos físicos e antrópicos existentes na Bacia, como o caso do cruzamento dos modelos de vulnerabilidade social e a vulnerabilidade social às inundações, além de subsidiar a geração de mapas temáticos e Modelos de situações complexas. Os modelos obtidos pela Análise Multicritério são produtos importantes para o apoio à gestão municipal.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, G. P.; VENTORINI, S. E. 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, 2014, p. 79-93. Disponível em: <<http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/issue/archive>>. Acesso em: 13 fev. 2018.
- ALMEIDA, C. M. O dialogo entre as dimensões real e virtual urbano. In ALMEIDA, M. C.; CÂMARA, G; MONTEIRO, A. M. V. (org.) **Geoinformação em urbanismo**: cidade real x cidade virtual. Oficina de Texto: São Paulo, 2007.
- AUMOND, J. J.; LOCH, C.; COMIN, J. J. Abordagem sistêmica e o uso de modelos para recuperação de áreas degradadas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 6, 2012, p.1099-1118.
- BATHRELLOS, G. D. et al. Potential suitability for urban planning and industry development using natural hazard maps and geological–geomorphological parameters. **Environmental Earth Sciences**, [s.l.], v. 66, n. 2, 2011. p. 537-548. <<http://dx.doi.org/10.1007/s12665-011-1263-x>>
- BRASIL **Lei no 12.608, de 10 de abril de 2012**. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil. Diário Oficial [da] União, Brasília, DF, 10 abr. 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm>. Acesso em: 6 ago. 2016.
- BRASIL (Instituto de Pesquisa Tecnológica). **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios**. Brasília: Ministério das Cidades, 2007. 176 p.
- BRASIL (Ministério das cidades). **O ministério**. sd. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/index.php/institucional/o-ministerio>>. Acesso em: 25 maio 2017.
- CASTRO, A. L. C. **Glossário de defesa civil**: estudo de riscos e medicina de desastres. Brasília: MPO/ Departamento de Defesa Civil, 1998. 283 p.

- CASTRO, M.; PEIXOTO, M. N. DE O.; RIO, G. A. P. Riscos ambientais e geografia: conceituações, abordagens e escalas. **Anuário do Instituto de Geociências da UFRJ**, Rio de Janeiro, Vol. 28, no. 2, 2005. p. 11-30,. Disponível em:
<http://www.anuario.igeo.ufrj.br/anuario_2005/Anuario_2005_11_30.pdf> Acesso em 21 ago. 2018.
- CHOWDARY, V. M. et al. Multi-Criteria Decision Making Approach for Watershed Prioritization Using Analytic Hierarchy Process Technique and GIS. **Water Resour Manage**, 27, 2013. p. 3555–3571. <<https://doi.org/10.1007/s11269-013-0364-6>>
- CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em Geografia**. São Paulo: Hucitec/Edusp. 1979.
- CHRISTOFOLETTI, A. 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.
- DEFESA CIVIL. **Plano de contingência de proteção e defesa civil**. São João del-Rei, 2013, 140 p.
- DEFESA CIVIL. **Plano de contingência de proteção e defesa civil**. São João del-Rei, 2015, 159 p.
- FERNÁNDEZ, D. S.; LUTZ, M. A. Urban flood hazard zoning in Tucumán Province, Argentina, using GIS and multicriteria decision analysis. **Engineering Geology**, [S.L.], v. 111, n. 1-4, p. 90- 98, fev. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enggeo.2009.12.006>.
- GIGOVIĆ, L. et al. Application of GIS-Interval Rough AHP Methodology for Flood Hazard Mapping in Urban Areas. **Water**, [s.l.], v. 9, n. 6, p. 1-26, 24, 2017. MDPI AG.
<<http://dx.doi.org/10.3390/w9060360>>
- GOERL, R. F.; KOBİYAMA, M.; PELLERIN, J. R. G. M. Mapeamento de vulnerabilidade no município de Rio Negrinho - SC: uma proposta metodológica. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 12, n. 40, 2011, p.205-221. Disponível em: <<http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/RCG-2010-1451.pdf>>. Acesso em: 02 dez. 2017.
- GUO, E. et. al. Integrated risk assessment of flood disaster based on improved set pair analysis and the variable fuzzy set theory in central Liaoning Province, China. **Natural Hazards**, [s.l.], v. 74, n. 2, p. 947-965, 21 maio 2014. Springer Science and Business Media LLC.
<<http://dx.doi.org/10.1007/s11069-014-1238-9>>
- HORA, S. B. DA.; 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**, Uberlândia, v. 2, n. 21, 2009, p.57-75. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sn/v21n2/a05v21n2.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2016
- IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <www.censo2010.ibge.gov.br> Acesso em: 10 fev. 2014.
- KOBİYAMA, M., et al. **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Florianópolis: Editora Organic Trading, 2006. 109 p. Disponível em:
<<http://logatti.edu.br/images/prevencaodesastres.pdf>> Acesso em: 11 jul. 2019.

LOURENÇO, L.; ALMEIDA, A.B. **Alguns conceitos à luz da teoria do risco**. Riscos e Crises. Da teoria à plena manifestação. Imprensa da Universidade de Coimbra: Coimbra, 2018. Disponível em <https://www.riscos.pt/wp-content/uploads/2018/SRC_VI/eBook_Riscos-e-Crises_cap1.pdf> Acesso em: 11 jul. 2019.

MAHMOUD, S.H.; GAN, T. Y. Multi-criteria approach to develop flood susceptibility maps in arid regions of Middle East. **Journal Of Cleaner Production**, v. 196, 2018, p. 216-229. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.047>> Acesso em:29 jul. 2019.

MARCELINO, E. V. **Desastres naturais e geoteconologias**: Conceitos Básicos. São José dos Campos: Inpe, 2008.

MATERANO, L. S.; BRITO, J. L. S.. Fragilidade ambiental potencial da bacia hidrográfica do Rio Castán, estado Trujillo - Venezuela. **Caminhos de Geografia**, v. 21, n. 73, 2020, p. 86-97. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/47216>> Acesso em: 27 abr. 2020.

MOURA, A. C. M. Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em Análise de Multicritérios. **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE.

MOURA, A. C. M.; JANKOWSKI, P. Contribuições aos estudos de análises de incertezas Como complementação às análises multicritérios - "sensitivity analysis to suitability evaluation". **Revista Brasileira de Cartografia**: Edição Especial Geoinformação e Análise Espacial, Rio de Janeiro, v. 4, n. 68, 2016, p.665-684. Disponível em: <<http://geoproea.arq.ufmg.br/+dmFront/downloadContent?u=eyJtZWVpYV9pZCI6IjU2NilsInRpbWVzdGFtcCI6MTQ4NDgzODEzMH0=>> Acesso em: 19 jan. 2017.

OGATO, G. S. et al. Geographic information system (GIS)-Based multicriteria analysis of flooding hazard and risk in Ambo Town and its watershed, West shoa zone, oromia regional State, Ethiopia. **Journal Of Hydrology: Regional Studies**, [s.l.], v. 27, 2020. p. 1-18. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrh.2019.100659>>

PÔSSA, E. M.; VENTORINI, S. E. Mapeamento digital da bacia do córrego do Julio – São João del-Rei - MG como suporte ao diagnóstico geoambiental. **Boletim de Geografia**, v. 33, 2015. p. 64-80.

RAHMATI, O.; ZEINIVAND, H.; BESHARAT, M. Flood hazard zoning in Yasooj region, Iran, using GIS and multi-criteria decision analysis. **Geomatics, Natural Hazards And Risk**, v. 7, n. 3, 2015. p. 1000-1017. <<http://dx.doi.org/10.1080/19475705.2015.1045043>>

RIMBA, A. et. al.. Physical Flood Vulnerability Mapping Applying Geospatial Techniques in Okazaki City, Aichi Prefecture, Japan. **Urban Science**, v. 1, n. 1, p. 7, 28 jan. 2017. MDPI AG. <<http://dx.doi.org/10.3390/urbansci1010007>>

SAATY, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. **Int. J. Services Sciences**, 2008. p. 83-98. Disponível em: <http://www.colorado.edu/geography/leyk/geog_5113/readings/saaty_2008.pdf>. Acesso em: 02 set. 2016.

TOMINAGA, L. K. Desastres naturais: por que ocorrem? In. TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Org). **Desastres Naturais**: conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. Disponível em: <<http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads>>. Acesso em: 18 mar. 2014.

TROPPEMAIR, H. **Sistemas, geossistemas, geossistemas paulista, ecologia da paisagem**. Rio Claro: LPM/IGCE-UNESP, 2004. 128 p.

TROPPEMAIR, H. Geossistemas. **Mercator**: v. 5, n. 10, 2006, p.79-89.

VENTORINI, S. E.; POSSA, E.M.; SANTOS, T.G.; ROMUALDO, J.B. Mapeamento digital para indicação preliminar de áreas suscetíveis a desastres mistos. **Geografias**, v. 13, n. 2, 2016, p.89-105.

VOJTEK, M.; VOJTEKOVÁ, J. Flood Susceptibility Mapping on a National Scale in Slovakia Using the Analytical Hierarchy Process. *Water*, v. 11, n. 2, 2019. p. 1-17. <<http://dx.doi.org/10.3390/w11020364>>

WANG, Y. et al. A GIS-Based Spatial Multi-Criteria Approach for Flood Risk Assessment in the Dongting Lake Region, Hunan, Central China. **Water Resour Manage** 25, 2011. p. 3465–3484. <<https://doi.org/10.1007/s11269-011-9866-2>>

ZUCHERATO, B. **Cartografia da vulnerabilidade socioambiental no Brasil e Portugal**: estudo comparativo entre Campos do Jordão e Guarda. 2018. 363 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/154915>>. Acesso em: 16 dez. 2019.