

O USO DE MODELOS METODOLÓGICOS NA ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE A EVENTOS DE INUNDAÇÃO NA REGIÃO ADMINISTRATIVA DE MAMBUCABA, ANGRA DOS REIS

Isabella Mont'Alvão Pedro Irmão¹

Tiago Badre Marino²

Helena Saraiva Koenow Pinheiro³

1. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - Departamento de Geografia - Rodovia BR 465, Km 07 Seropédica, Brasil (bellamontalvaopi@gmail.com)

2. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - Departamento de Geografia - Rodovia BR 465, Km 07 Seropédica, Brasil (tiagomarino@hotmail.com)

3. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - Departamento de Solos - Rodovia BR 465, Km 07 Seropédica, Brasil (lenask@gmail.com)

ABSTRACT

The occurrence of natural disasters in Angra dos Reis county has become the object of relevant studies regarding flood susceptibility once at this area they are recurring events. The Mambucaba Administrative Region has neighborhoods constantly affected by floods, due to the landscape characteristics and the evolution of its occupation process. Thus, this work aim to analyze the susceptibility to flood events at the Mambucaba Administrative Region, taking into account its physical and environmental aspects. For this, the work relied on the use of three methodological models, seeking to assess the levels of susceptibility to floods. All the three models applied demonstrated relevance in the study of floods, confirming the great susceptibility to events of this type in the study area, showing how the use of Geographical Information System (GIS) tools are important in the assessment of natural disasters.

Keywords: Risks Evaluation; Flooding; Geoprocessing; Natural disasters.

INTRODUÇÃO

O crescente processo de urbanização observado nos últimos anos no país tem proporcionado grandes modificações na dinâmica natural da paisagem. Essas intensas transformações espaciais geram consequências de caráter socioambiental, como a ocorrência de desastres naturais. Com isto, os desastres naturais têm ocupado assuntos centrais em muitos trabalhos devido à preocupação com as consequências ambientais observadas atualmente.

Segundo Almeida (2012), a elevação de fatores como desigualdades sociais, pobreza e segregação socioespacial, derivada do modelo de produção capitalista e processos de industrialização e urbanização, fez surgir na década de 80 uma ênfase nos desastres naturais, não apenas sob o ponto de vista dos fatores físico-naturais, mas

também com foco nas populações afetadas. Nesse período questionou-se sobre a razão das populações estarem se tornando mais vulneráveis aos perigos ambientais. Por conta do intenso desenvolvimento urbano, ocorre o processo de impermeabilização do solo, através de telhados, asfaltamento, pátios e entre outros, fazendo então com que se eleve o escoamento superficial e conseqüentemente, se aumente também a probabilidade de acontecer inundações em uma região (TUCCI, 2007).

As influências do processo de urbanização no ambiente podem ser notadas por meio da análise do ciclo hidrológico, onde a ação das águas é determinante no meio natural. Todavia, com a elevação dos centros urbanos observa-se o aumento do escoamento e a minimização dos processos de evapotranspiração e infiltração, gerando grandes problemas nos cursos de drenagem natural e conseqüentemente, a geração de inundações.

Os eventos de inundação se tornaram um problema grave das grandes cidades, à medida que a urbanização se dá de forma espontânea, porém o planejamento ambiental ocorre de forma desigual, demonstrando áreas que carecem de tal instrumento, que geralmente são espaços de baixa renda que apresentam um processo de ocupação irregular.

De acordo com Marcelino (2008), as inundações são um dos eventos mais frequentes no território brasileiro, responsáveis por grandes danos materiais e também perdas humanas, correspondendo a aproximadamente 59% dos desastres naturais que acontecem no país. Mediante isto, observa-se um grande número de eventos desse tipo nos bairros pertencentes à Região Administrativa de Mambucaba, principalmente nos meses correspondentes ao verão, caracterizados por chuvas fortes.

A grande ocorrência de inundações nessa área tem relação às condições naturais que esta região apresenta juntamente às formas de uso do solo decorrentes de um processo de ocupação inapropriado. Os bairros localizados nessa região apresentaram um desenvolvimento urbano desenfreado, fazendo com que houvesse a ocupação de áreas consideradas irregulares para habitação.

As planícies de inundação são locais regularmente afetadas pela ocorrência de inundações em períodos intensos de chuvas, sendo então locais inapropriados à habitação. O bairro Parque Mambucaba, por exemplo, possui números consideráveis de ocorrências de inundações, por estar desenvolvido em planície de inundação, sendo afetado constantemente por esses eventos e também demonstrando sérios riscos a desastres naturais deste tipo devido ao seu grau de vulnerabilidade.



Figura 1. Inundação ocorrida nos Bairros Parque Mambucaba e Parque Perequê (DEFESA CIVIL DE ANGRA DOS REIS, 2010).

Levando-se em conta o conceito de suscetibilidade, que está relacionado à predisposição à um evento, mediante características intrínsecas ao meio (SAITO, 2004), nota-se que a Região Administrativa de Mambucaba se mostra bastante suscetível à ocorrência de inundações por conta de suas características ambientais. Dessa forma, busca-se realizar neste trabalho uma análise acerca dos eventos de inundação utilizando o Geoprocessamento como subsídio para avaliar a suscetibilidade a esses eventos na Região Administrativa de Mambucaba.

METODOLOGIA

A área de estudo deste trabalho é a Região Administrativa de Mambucaba (LAT: LONG SW 7453031: 538692), localizada no município de Angra dos Reis, Rio de Janeiro. Os bairros localizados nessa região são: Sertão de Mambucaba, Parque Mambucaba, Parque Perequê, Boa Vista, Vila Histórica de Mambucaba, Praia das Goiabas, Praia Vermelha, Praia Brava e Usina Nuclear, de acordo com as informações acerca dos setores censitários (IBGE, 2010).

Para a realização dos processos metodológicos utilizou-se a delimitação da Bacia Hidrográfica correspondente a esta área. A Bacia Hidrográfica em estudo é formada pela sub-bacia do Rio Mambucaba e sub-bacias contribuintes à enseada de Bracuí, sendo pertencentes à Região Hidrográfica I – Baía de Ilha Grande, de acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro (2014). Esta bacia possui uma área com cerca 435 km², abrangendo os municípios de Angra dos Reis e Paraty, conforme apresenta a Figura 1.

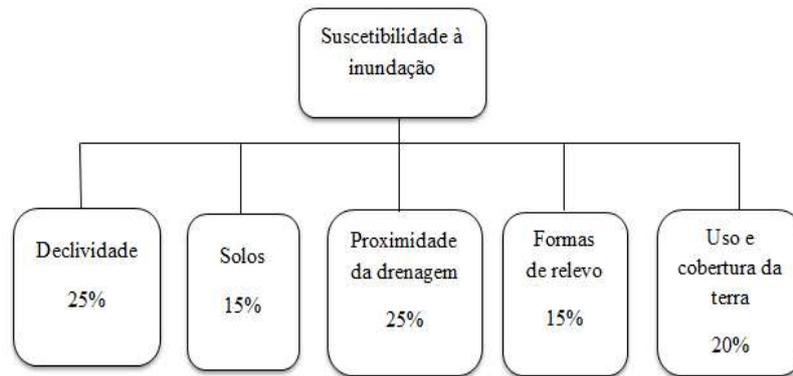


Figura 3. Árvore de decisão elaborada para análise da suscetibilidade a inundações

Modelo HAND - TerraView/INPE

O segundo modelo avaliativo de inundações foi elaborado através do TerraView do INPE, na extensão TerraHidro. Este processo metodológico, denominado O HAND (Height Above the Nearest Drainage ou Altura Acima da Drenagem Mais Próxima) foi elaborado por Rennó et al. (2008) e utiliza a diferença entre a altitude extraída do Modelo Digital de Elevação e a rede de drenagem de referência para calcular alturas relativas, que têm relação com a profundidade do lençol freático e com a topografia do área (RENNÓ et al., 2008; NOBRE et al., 2011). Tendo como base o modelo digital de elevação hidrologicamente consistente, a geração do modelo HAND consistiu em 3 etapas, com a definição do fluxo de drenagem (LDD), a demarcação da área de contribuição da bacia e a obtenção da densidade da drenagem (D).

Para a definição da rede de drenagem nesta última etapa utilizou-se um limiar de drenagem (threshold) no valor de 500. A escolha desse valor se deu com base em outros trabalhos a respeito desse modelo e também na hidrografia da área de estudo.

Modelo de Álgebra de Mapas – ESRI ArcGIS

Por último, realizou-se o processo de álgebra de mapas no ArcGIS Desktop v.10.6, consistindo em um somatório de mapas gerados por ferramentas do software SAGA GIS (System for Automated Geoscientific Analyses). Dos produtos gerados pelas ferramentas no SAGA GIS, foram usados o Topographic Wetness Index (TWI), Channel Network Base Level, Vertical Distance to Channel Network e Valley Index.

O TWI possui o índice de umidade topográfico, auxiliando na identificação de áreas mais suscetíveis à saturação hídrica; O Channel Network Base Level e Vertical Distance to Channel Network fornecem respectivamente as elevações do nível base da rede de canais interpolados e a altitude acima da rede de canais nas mesmas unidades que os dados de elevação; O Valley Index gera o índice de vales com base

no método fuzzy, onde os valores verdadeiros se aproximam de 1 e os falsos se aproximam de 0, ou seja, o que é dado como 0 não é um vale.

Por fim, estes rasters foram reclassificados no ArcGIS com a atribuição das seguintes simbologias e valores, como mostram as tabelas 1 e 2. Para o agrupamento destes mapas foi utilizada a ferramenta Raster Calculator, originando 12 classes a partir da soma desses parâmetros.

TABELA 1. SIMBOLOGIA ATRIBUÍDA NA RECLASSIFICAÇÃO DOS RASTERS PRODUZIDOS PELO SAGA GIS.

Suscetibilidade	Topographic Wetness Index	Channel Network Base Level	Valley Index	Vertical Distance to Channel Network
Alta	>5	<100	1	<50
Média	5 - 2	100 - 300	0	50 - 100
Baixa	<2	>300	0	>300

TABELA 2. VALORES ATRIBUÍDOS NA RECLASSIFICAÇÃO DOS RASTERS PRODUZIDOS PELO SAGA GIS.

Suscetibilidade	Topographic Wetness Index	Channel Network Base Level	Valley Index	Vertical Distance to Channel Network
Alto	10	100	1	1000
Médio	20	200	0	2000
Baixo	30	300	0	3000

RESULTADOS

Como resultado dos 3 processos metodológicos realizados obteve-se o Mapa de Suscetibilidade a Inundações referente a cada modelo utilizado, divididos em classes de suscetibilidade.

O processo de Avaliação Ambiental realizado no programa SAGA gerou um mapa com classes avaliadas de 3 a 10, que foram classificadas em Baixa, Média, Alta e Muito Alta, conforme mostra a tabela abaixo. O produto final foi o mapa de suscetibilidade a inundações, gerado a partir desse processo, com uma resolução de 10 metros (Figura 3).

TABELA 3. RECLASSIFICAÇÃO DAS CLASSES DE SUSCETIBILIDADE DA AVALIAÇÃO AMBIENTAL.

Notas dadas pelo SAGA	Classes de Suscetibilidade
3 e 4	Baixa
5 e 6	Média
7 e 8	Alta
9 e 10	Muito Alta

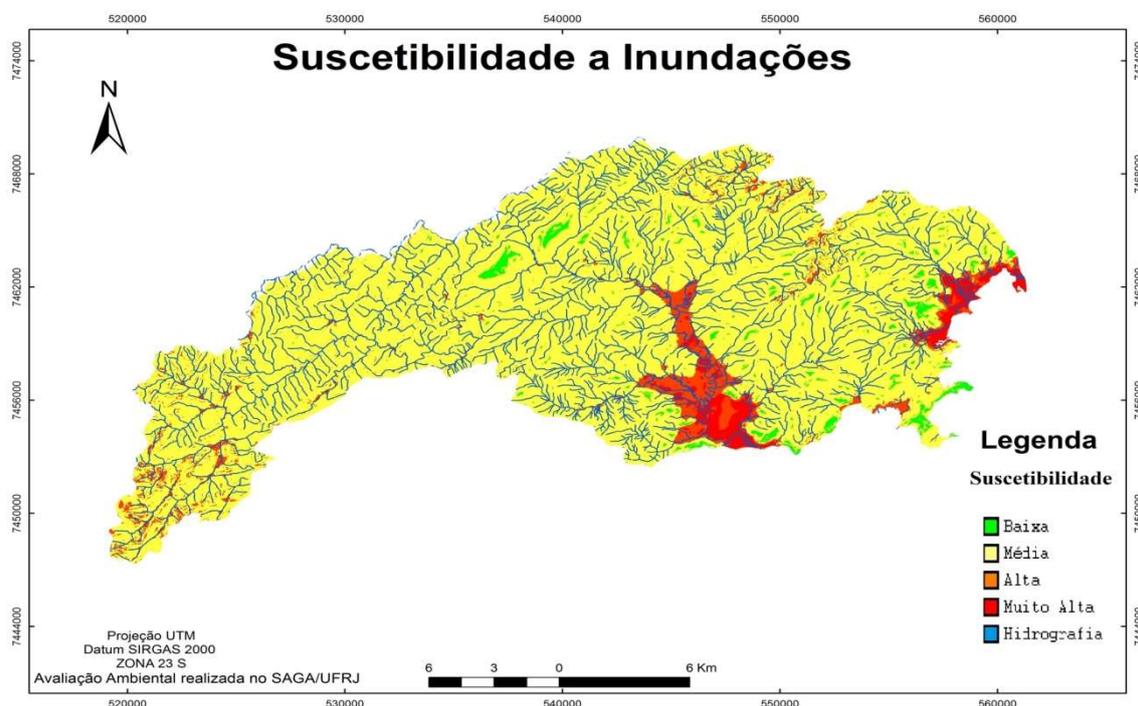


Figura 4. Mapa de Suscetibilidade a Inundações gerado a partir do processo de Avaliação Ambiental.

O produto do processamento do modelo HAND no TerraView foi o estabelecimento de simulações de cotas de inundações através de dados topográficos em formato

matricial, obtendo como resultado o mapeamento das áreas mais suscetíveis à inundação, baseando-se na distância vertical à drenagem mais próxima. O mapa final obtido a partir deste modelo foi classificado conforme mostra a Tabela 4, mostrando as cotas de inundação que indicam os valores altimétricos indicados pelo modelo. Onde havia drenagem o programa identificou como 0.

TABELA 4. CLASSES RELACIONADAS A SUSCETIBILIDADE DE INUNDAÇÕES.

Classes de Suscetibilidade	Cotas de inundação (m)
Muito Alta	0 – 2
Alta	2 – 5
Média	5 – 15
Baixa	15 – 30
Muito Baixa	> 30

A partir dessa reclassificação das cotas de inundação o mapa final foi elaborado, conforme apresenta a Figura 4.

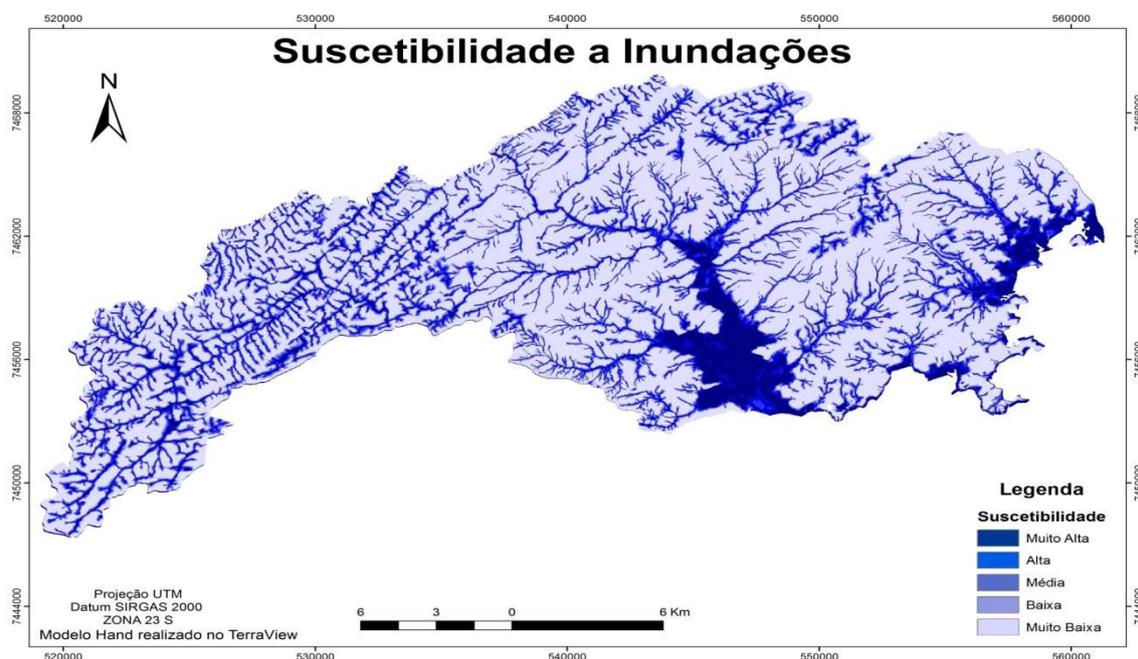


Figura 5. Mapa de Suscetibilidade a Inundações gerado a partir do processo do modelo HAND.

A realização da álgebra de mapas no ArcGIS gerou um mapa com 12 classes que foram reclassificadas para as classes de Alta, Média e Baixa suscetibilidade, de

acordo com a Tabela 5. Por fim, foi elaborado o mapa de Suscetibilidade a Inundações proveniente do processo de álgebra de mapas (Figura 5).

TABELA 5. RECLASSIFICAÇÃO DAS CLASSES DE SUSCETIBILIDADE DO PRODUTO DA ÁLGEBRA DE MAPAS.

Suscetibilidade	Classes reclassificadas
Alta	0 – 1111
Média	1111 – 2220
Baixa	> 2220

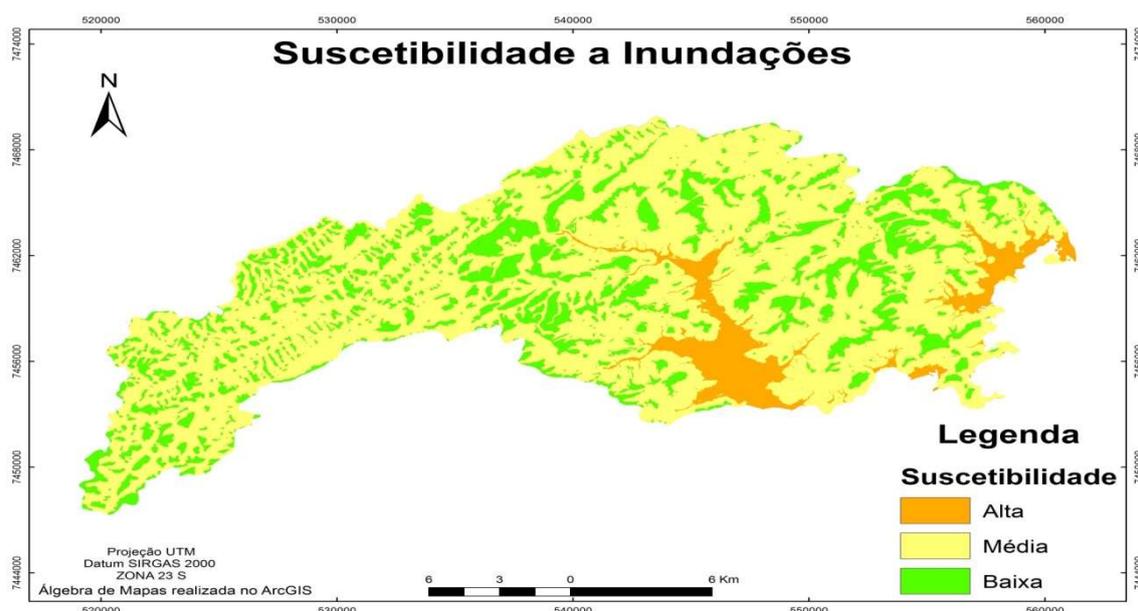


Figura 6. Mapa de Suscetibilidade a Inundações gerado a partir do processo de álgebra de mapas.

VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS

A validação dos resultados foi realizada através do Cálculo do Índice de Acerto Ponderado, baseando na Matriz de Confusão (MARINO, 2008). Para isto, foram utilizados dados da Defesa Civil de Angra dos Reis (2018) com um histórico de inundações na área de estudo, contendo 18 casos.

Com base nos casos de inundação foram atribuídos pesos de acordo com os erros e acertos obtidos através dos processos metodológicos. Os pesos 3, 2 e 1 foram dados aos acertos obtidos com susceptibilidade muito alta, alta e moderada, respectivamente.

Aos erros obtidos foram atribuídos os pesos -2 e -3 aos eventos de inundação ocorridos em áreas classificadas com grau baixo e muito baixo, respectivamente.

A partir da equação abaixo obteve-se o cálculo do Índice de Acerto Ponderado, resultando em valores percentuais entre 0% e 100%. Os pontos obtidos foram calculados a partir da multiplicação de cada peso com os respectivos erros e acertos, somando os seus resultados. As tabelas 6 apresenta os seguintes resultados dos cálculos realizados para a obtenção da taxa de acerto de cada modelo metodológico.

$$IAP = \frac{Pts_{obt} + |Pts_{min}|}{Pts_{max} + |Pts_{min}|}$$

Pts_{obt} → Total de Pontos obtidos

Pts_{max} → Pontuação Máxima

Pts_{min} → Pontuação Mínima

(1)

TABELA 6. TAXA DE ACERTO DOS 3 MODELOS METODOLÓGICOS UTILIZADOS.

Taxa de Acerto (HAND)		Taxa de Acerto (Avaliação Ambiental)		Taxa de Acerto (Álgebra de Mapas)	
Total de Pontos	45	Total de Pontos	50	Total de Pontos	33
Pont. Máxima	54	Pont. Máxima	54	Pont. Máxima	54
Pont. Mínima	-54	Pont. Mínima	-54	Pont. Mínima	-54
IAP - Índice de Acerto	91%	IAP - Índice de Acerto	96%	IAP - Índice de Acerto	80%

CONCLUSÕES

Foi possível observar através da realização deste trabalho como a influência antrópica tem atuado na transformação do espaço, interferindo assim na ocorrência de desastres naturais mediante um intenso processo de urbanização que tem ocorrido nos últimos anos, muitas das vezes de forma inapropriada. A comparação dos três modelos avaliativos utilizados neste trabalho comprovou a Região Administrativa de Mambucaba como um local de risco à desastres de inundação, por conta da sua alta suscetibilidade devido fatores naturais e também antrópicos.

Nota-se através dos 3 processos metodológicos que as áreas com maior suscetibilidade à inundação estão localizadas em planícies flúviomarinhas, com baixa declividade e que também têm sofrido uma forte expansão urbana, influenciando de forma direta na ocorrência de casos de inundação.

Os modelos metodológicos de análise a inundações identificaram grande parte dos bairros da Região Administrativa de Mambucaba com o grau mais alto de

suscetibilidade à inundação, na qual a comparação entre os três processos metodológicos se mostra relevante. Sendo assim, mesmo com o uso de parâmetros distintos no processamento de cada modelo, os resultados se apresentaram semelhantes.

Ademais, a validação do uso das 3 formas de análise da suscetibilidade a inundações, com base no histórico de ocorrências desses eventos na área de estudo, se mostrou eficiente, produzindo taxas de acertos significativas e demonstrando a precisão dos modelos no processo de avaliação a desastres naturais.

Os processos realizados com auxílio de ferramentas de Geoprocessamento se mostraram relevantes na análise de desastres naturais de inundação, por meio da comparação dos resultados gerados com base em diferentes fatores. Sendo assim, nota-se como o uso de SIGs se apresenta como importante ferramenta de planejamento ambiental, por desempenhar um importante papel na análise espacial de forma rápida, considerando diferentes aspectos da área de estudo, podendo assim auxiliar nas formas de gestão de riscos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Lutiane Queiroz de. Riscos ambientais e vulnerabilidades nas cidades brasileiras: conceitos, metodologias e aplicações. São Paulo: Coleção PROPG Digital (UNESP), 2012.

DEFESA CIVIL DE ANGRA DOS REIS. Pontos de ocorrências de Inundações nas áreas de Parque Mambucaba e Parque Perequê (2018).

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico - Setores Censitários (Bairros) do Brasil na escala 1:250.000, 2010. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/> Acessado em: 21/08/2019.

INEA. Instituto Estadual do Ambiente. Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio de Janeiro, 2014.

MARCELINO, Emerson Vieira. Desastres naturais e geotecnologias: conceitos básicos. Caderno didático, v. 1, p. 34, 2008.

TUCCI, C. E. M. Inundações urbanas. Porto Alegre: ABRH/RHAMA, v. 11, 2007.

MARINO, T. B. Metodologia para tomadas de decisão no âmbito de riscos sócio-ambientais em áreas urbanas: Desmoronamentos e enchentes em assentamentos precários na Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo-SP. 149f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de São Paulo.

NOBRE, A. D.; CUARTAS, L. A.; HODNETT, M. G.; RENNÓ, C. D.; SILVEIRA, A.; WATERLOO, M. J.; SALESKA, S. (2011) - Height Above the Nearest Drainage, a hydrological relevant new terrain model. Journal of Hydrology, v.404, n. 1-2, p:13-29.

RENNÓ, C. D.; NOBRE, A. D.; CUARTAS, L. A.; SOARES, J. V.; HODNETT, M. G.; TOMASELLA, J.; WATERLOO, M. J. (2008) - HAND, a new terrain descriptor using SRTMDEM: Mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia. Remote Sensing of Environment, v.112, p.3469-3481.

SAITO, S. M. Estudo analítico da suscetibilidade a escorregamentos e quedas de blocos no maciço central de Florianópolis-SC. 133 f. Tese (Mestrado em Geografia) - Programa de pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

XAVIER-DA-SILVA, J. Geoprocessamento para análise ambiental. 1a ed. Rio de Janeiro: D5 Produção Gráfica, 2001. v.1. 228 p.