

MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO À INUNDAÇÃO NO MUNICÍPIO DE RIO GRANDE DA SERRA/SP

*Kaíque de Oliveira*¹, *Mirna Karla Amorim da Silva*²

¹ Geojá Mapas Digitais e Aerolevantamentos, kaiquedeoliveira29@gmail.com e ²Universidade Federal de Uberlândia, mirnakarla@ufu.br

RESUMO

As inundações acarretam em grandes danos sociais, ambientais e econômicos. O objetivo desta pesquisa foi identificar e mensurar as variáveis relevantes para elaboração do Mapa de risco a inundações no Município de Rio Grande Serra/SP (MRGS), dentre elas: precipitação, declividade, hipsometria, relevo, pedologia e solos. Com o geoprocessamento tornou-se possível a realização dos mapeamentos dessas variáveis, bem como a elaboração do mapa das áreas suscetíveis a inundações. O mapa de risco à inundações do MRGS mostra áreas de risco baixo, médio e elevado de inundações. Os resultados mostram que o município possui um risco baixo à ocorrência de inundações em 35,78% de sua extensão, 32,65% com risco médio e 31,57% com elevado risco. Os mapas de risco à inundações são documentos essenciais ao planejamento urbano/territorial e ao poder público pois, através deles, medidas mitigadoras podem ser planejadas e desenvolvidas para evitar/reduzir ônus à população, à economia e ao meio ambiente.

Palavras-chave — desastres naturais, inundações, risco.

ABSTRACT

Floods result in great social, environmental and economical losses. The purpose of this research was identifying and measuring the relevant variables to the elaboration of the flood risk map of Rio Grande da Serra/SP city (RGSC), including precipitation, slope, hypsometry, relief, pedology and soil type. Geoprocessing made the mapping of those variables possible, as well as the map elaboration of flooding susceptible areas. The flood risk map of RGSC shows areas of low, medium and high risk. Results show the city has a low risk of flooding in 35.78% of its extension, medium risk in 32.65% and high risk in 31.57% of it. Flood risk maps are essential documents for urban/territorial planning and for the public authorities because mitigating measures can be planned and developed from them, avoiding/reducing charges to the population, economy and environment.

Key words — Natural disasters, floods, risk.

1. INTRODUÇÃO

Os desastres naturais são ocasionados por processos físicos que fazem parte da dinâmica natural do planeta, como inundações, alagamentos, estiagens, enchentes, escorregamentos de solos e/ou rochas e tempestades, associados a eventos de chuva intensos e prolongados. Esses processos acontecem independente da ação do homem, porém, quando interagem com a população e acarretam em prejuízos à sociedade, ambiente e economia, são denominados de desastres naturais.

Deste modo, a inundações é o desastre mais recorrente nas últimas décadas no Brasil, sendo as cidades as áreas mais suscetíveis a tais eventos, devido ao crescimento desordenado, motivado pela ocupação das áreas próximas aos canais fluviais [1].

Um dos fatores condicionantes à uma inundações consiste principalmente quando ocorre forte e/ou intensa precipitação, cujo o volume de água que é direcionado ao rio é superior à sua capacidade de suporte, com isso resultando no extravasamento do corpo hídrico [2]. Outros fatores relevantes para ocorrência das inundações são: declividade do terreno, hipsometria, relevo, cobertura vegetal, capacidade de drenagem do solo, bem como uso e manejo inadequado da terra e o grau de impermeabilização do solo.

O mapeamento e zoneamento das áreas de risco à inundações é extremamente importante na tomada de decisão dos gestores públicos, principalmente os envolvidos com planejamento ambiental, de modo que o risco a desastres naturais deve ser considerado na elaboração e aprovação do Plano Diretor dos municípios e levado em consideração quando o poder público deseja ampliar o perímetro urbano, o qual é determinado pela Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC).

Nesse sentido, o geoprocessamento colabora para execução de mapeamentos de risco à inundações de maneira rápida e eficiente através das técnicas de Sensoriamento Remoto e a integração dos dados em um Sistema de Informação Geográfica (SIG), possibilitando a determinação do risco, através da integração, compilação e ponderação de diferentes informações geográficas [3].

Diante do exposto, o objetivo desta pesquisa consistiu no mapeamento das áreas de risco à inundações no Município de Rio Grande da Serra (MRGS), São Paulo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Rio Grande da Serra localiza-se no Estado de São Paulo fazendo fronteira com os municípios de Ribeirão Pires, Suzano e Santo André. Apresenta uma população estimada, em 2016, de 48,861 habitantes, área de 36,341 km² e densidade populacional de 1210,04 habitantes por km² [4].

Para realização desta pesquisa foram utilizados os seguintes materiais:

- *Software ArcGIS Desktop* 10, licenciado para a UFU, no Laboratório de SIG e Geoprocessamento (SIGEO), *Quantum GIS* 2.18.14;
- Dados hidrológicos referentes à precipitação da área em estudo, disponibilizados pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE);
- Modelo Digital de Elevação do sensor *SRTM*, disponibilizado pela Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM), com resolução de 10 m;
- Arquivos vetoriais *shapefile* (hidrografia, malha viária, limites municipais, estaduais, federais, relevo e pedologia) disponibilizados pela Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM);
- Ortofoto do município de Rio Grande da Serra elaborada pelo Programa de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais, incluído no Plano Plurianual 2012-2015, do Ministério do Planejamento, disponibilizada pela Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM), com resolução de 4 m;
- Atlas de Uso e Ocupação do Solo, do município de Rio Grande da Serra, disponibilizado pela Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano (EMPLASA).

A metodologia adotada foi baseada na apresentada por Santos, Louzada e Eugênio, sendo a mesma adaptada aos fatores ambientais que constituem o município de Rio Grande da Serra/SP [5].

Inicialmente, foram organizados os mapas temáticos referentes ao relevo, uso e ocupação da terra, pedologia, pluviosidade, hipsometria e declividade da área de estudo. Para isso foi criado um banco de dados geográficos contendo todos os arquivos vetoriais e matriciais necessários para confeccionar os mapeamentos citados.

Todos os mapas temáticos foram reclassificados de acordo com o nível risco à inundação. Para os mapas intermediários de risco, a metodologia adotada se baseou em reclassificar os mapeamentos temáticos, deste modo foram definidos pesos quanto ao risco à inundação (baixo, médio e elevado), através da ferramenta *Reclassify*, do *software ArcMap*.

Foram considerados as seguintes classificações de acordo com os Quadros 1 a 6.

Classes	Nível de Risco à Inundação
0 – 14%	Baixo
14 – 30%	Médio
30 – 62%	Elevado

Quadro 1. Nível de risco para a declividade

Classes	Nível de Risco à Inundação
> 823,91 m	Baixo
794,68 - 823,91 m	Médio
< 794,68 m	Elevado

Quadro 2. Nível de risco para a hipsometria

Classes	Nível de Risco à Inundação
859,83 - 1.170,68 mm	Baixo
1.170,68 - 1.444,22 mm	Médio
1.444,22 - 1.912,56 mm	Elevado

Quadro 3. Nível de risco para a pluviosidade

Classes	Nível de Risco à Inundação
Latossolos	Baixo
Cambissolos	Médio
Massa d'água	Elevado
Área Edificada	Elevado

Quadro 4. Nível de risco para a pedologia

Classes	Nível de Risco à Inundação
Morros Altos	Baixo
Morros Baixos	Médio
Morrotos Baixos	Médio
Massa d'Água	Elevado
Planícies	Elevado
Morrotos	Elevado

Quadro 5. Nível de risco para o relevo

Classes	Nível de Risco à Inundação
Mata	Baixo
Solo Exposto	Médio
Massa d'água	Elevado
Área Edificada	Elevado

Quadro 6. Nível de risco para o uso da terra

Para gerar o mapa de risco final, foi desenvolvido o modelo matemático também baseado na metodologia adotada por Santos, Louzada e Eugenio, indicado pela equação a seguir:

$$\text{RISCO} = ((\text{pluviosidade} * 0,14) + (\text{relevo} * 0,08) + (\text{pedologia} * 0,06) + (\text{hipsometria} * 0,20) + (\text{declividade} * 0,24) + (\text{uso e ocupação da terra} * 0,28)).$$

A aplicação desse modelo utilizou a ferramenta *Raster Calculator*, do *software ArcGis*.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As áreas com menor declive representam elevado risco à inundação e, áreas com maior declive, menor risco. O município possui área de 8,496 km² (23,38%) com declividade igual ou inferior a 6%, 8,947 km² (24,48%) entre 6 a 14%, 8,947 km² (24,62%) entre 14 a 22 %, assim 72,47% do município é constituído de áreas de baixo declive e os outros 27,53%, que variam com declividade entre 22 a 30% e representa uma área de 7,183 km² (19,76 %) e de 30 a 62% uma área correspondente a 2,819 km² (7,76%).

A hipsometria do MGRS varia entre 738,16 m a 986,64 m, onde uma área de 11,101 km² possui altitude entre 738,16 a 770,32 m o que corresponde a 30,55% da área do município, 11,385 km² possui altitude entre 738,16 a 794,68 m (31,33%), 8,399 km² possui altitude entre 794,68 m a 823,91 m (23,11%), 3,989 km² possui altitude 823,91 m a 866,78 m (10,98%) e as altitudes mais elevadas do município estão entre 866,78 m a 966,64 m e corresponde a uma área de 1,467 km² (4,04%).

A pluviosidade anual da área de estudo, em 2015, variou entre 859,83 mm a 1912,56 mm. Uma área de 15,809 km² possui pluviosidade entre 859,83 a 1170,68 mm, o que corresponde a 43,5 % da área do município. Cerca de 14,171 km² compreendem uma precipitação que varia entre 1170,68 a 1.444,22 mm (38,99%). E, uma área de 6,361 km² possui uma pluviosidade entre 1444,22 a 1912,56 mm (17,51%). Áreas com risco baixo à inundação são aquelas que possuem os menores índices pluviométricos.

O tipo de solo predominante no município, com 32,648 km², é o solo do tipo Cambissolos, que corresponde a 89,85% da área total, seguido por Latossolos, com área de 1,637 km² (4,50%), a Massa d'água com área de 0,325 km² (0,89%) e a Área urbana correspondente a 1,731 km² (4,76%). Os Cambissolos possuem baixa profundidade e permeabilidade, facilitando o processo de inundação.

O relevo predominante no município é de Morros baixos, com área de 20,260 km² (55,75%), seguido por Morrotes baixos, com área de 6,733 km² (18,64%), Morrotes com área de 3,983 km² (10,71%), Planícies com área de 3,780 (10,40%), Morros altos cuja área é de 1,260 km² e Massa d'água, com área de 0,375 km² (1,03).

A classe predominante ao uso e ocupação da terra é Mata (mata, campo, capoeira, vegetação de várzea, reflorestamento e hortifrutigranjeiros) apresentando uma área correspondente à 23,883 km² (65,54%), seguida pela Área edificada (área urbanizada, equipamentos urbanos, indústria e chácaras) com área de 9,062 km² (24,87%), Solo exposto com área de 2,841 km² (7,8%) e Massa d'água, correspondendo a uma área de 0,652 km² (1,79%). As áreas de mata permitem uma melhor infiltração da água no solo, dificultando o processo de inundação. Já as áreas edificadas apresentam maior impermeabilização do solo e escoamento superficial sendo, desse modo, as mais suscetíveis aos eventos das inundações.

Após a análise e cruzamento de todos os mapas temáticos elaborados, foi obtido o mapa da Figura 1, o qual representa o risco à inundação no município de Rio Grande da Serra/SP,

a partir do conjunto de variáveis selecionadas, interferindo na área de estudo.

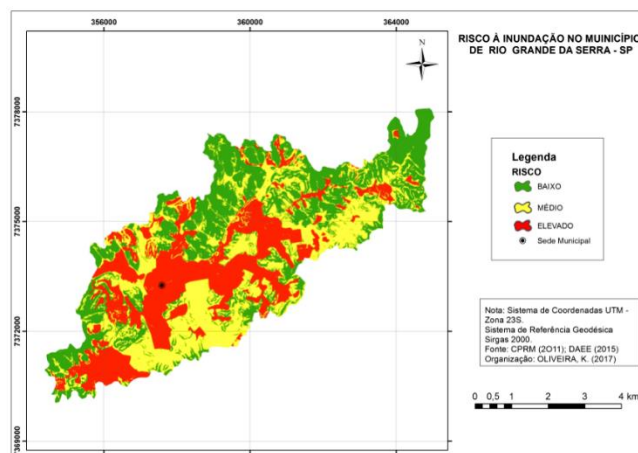


Figura 1. Mapa de risco à inundação no MRGS

O município de Rio Grande da Serra, possui área de 13,033 km² de risco baixo à inundação, 11,865 km² de área de risco médio e 11,473 km² pertencente a classe de elevado risco à inundação, como mostra a Tabela 1.

Risco	Área (km ²)	Área (%)
Baixo	13,003	35,78
Médio	11,865	32,65
Elevado	11,473	31,57
Total	36,341	100,00

Tabela 1. Áreas de risco à inundação do MRGS

Nota-se que a classe correspondente ao risco elevado à inundação (31,57%), possui área predominante do uso e ocupação da terra 'Área edificada', o que é um fator determinante para ocorrência de inundação, por ser uma área altamente impermeabilizada e com pouca cobertura vegetal, o que impede a infiltração da água no solo. Outro fator importante é a declividade do terreno, sendo que, na classe estudada, varia entre 0 a 14%, ou seja, são áreas mais planas e próximas aos canais fluviais.

Já o relevo predominante na área de risco elevado é constituído por planícies fluviais, morrotes, morros baixo e massa d'água, onde tais relevos são altamente suscetíveis a inundações e onde a pluviosidade encontra-se entre a 859 e 1444 mm. Apesar desta área não apresentar o maior volume de precipitação da área de estudo, quando se soma as outras variáveis expostas, esta torna-se um fator relevante a ocorrência de inundação.

A classe correspondente ao risco médio a inundação corresponde a 32,65% do território, onde o uso e ocupação da terra predominante é mata, a pluviosidade variando entre 1.170,68 a 1.444,22 mm. Tal classe se encontra ainda, em áreas de relevo que varia entre morrotes e morros baixo,

sendo a unidade pedológica prevalecente o ‘Cambissolo’, a declividade está entre 6 e 30% e, por fim, a altitude que varia entre 738,16 - 770,32m.

O restante da área (35,78%) possui baixo risco de ocorrência de inundação, por se tratar de uma área onde o uso e ocupação da terra dominante é a classe ‘Mata’, na pedologia a classe de maior domínio Cambissolo, com uma pequena área de Latossolo e pluviosidade ao longo do município variando entre o menor índice de 859 mm ao maior, de 1922 mm. Assim, a partir dessas três variáveis, é perceptível a classificação como baixo índice devido à alta cobertura vegetal da área e pelo solo apresentar característica de alta infiltração. Além disso, por essa área apresentar alta declividade, o que impede o acúmulo de água e por se tratar de uma região onde o relevo é formado por ‘Morros baixo e altos’, colaboram para determinação do baixo risco à inundação da área.

4. CONCLUSÕES

Esta pesquisa teve como objetivo identificar e mensurar as variáveis primordiais para elaboração do mapa de risco à inundação no município de Rio Grande da Serra. Desse modo, foram identificadas e analisadas as variáveis uso e ocupação da terra, pedologia, relevo, pluviosidade, hipsometria e declividade. Para cada variável, foram desenvolvidos mapas temáticos e, posteriormente, reclassificados em virtude do risco que exerciam sobre estas, assim gerando os mapas intermediários de risco à inundação. Estes mapas intermediários colaboraram na análise multicritério para elaboração do mapa de risco final.

No mapa final, de risco à inundação, é apresentado que o município de Rio Grande da Serra possui área de risco baixo a inundação em 35,78% de sua área, 32,65% da área possui risco médio e 31,57% da área do município com risco elevado. A partir dos dados elaborados e analisados foram considerados as áreas com elevado risco à inundação as que apresentaram as seguintes características: uso e ocupação da terra, cujo predomínio se dá por áreas edificadas, declividades inferiores a 14%, altitudes até 794 m, pedologia constituída por Cambissolos e Latossolos, relevo formado por morrotes, morros baixo e massa d’água e pluviosidade entre 859 e 1444 mm.

A concepção dos mapeamentos (temáticos e mapa final) através das técnicas do geoprocessamento e produtos do sensoriamento remoto se mostraram eficientes e satisfatórias à análise do risco à inundação no município, uma vez que possibilitou a manipulação das variáveis individualmente, bem como a união de todas as informações necessárias em um único mapa, o qual é um agente facilitador para compreensão das inundações em Rio Grande da Serra, por apresentar uma legenda simples e que possa ser compreendida por qualquer usuário.

A metodologia desenvolvida alcançou todos os objetivos determinados e se mostrou muito efetiva para o estudo de inundação, podendo ser aplicada não somente a estudos de

cunho municipal, mas podendo ser estendida a diversas áreas como bacias hidrográficas.

Desse modo, os mapas de risco à inundação são essenciais ao planejamento urbano/ambiental e ao poder público pois, através deles, medidas mitigadoras podem ser planejadas e desenvolvidas para que tais eventos não tragam ônus à população, à economia e ao meio ambiente.

Algumas ações mitigadoras que podem ser desenvolvidas no município de Rio Grande da Serra nas áreas de elevado risco à inundação, consistem na modificação do uso e ocupação da terra de tais áreas, onde o atualmente é predominante o uso de área edificada, o qual impede a infiltração da água no solo, desse modo se alterado e com o aumento da cobertura vegetal colaboraria para minimizar os impactos das inundações. Obras de engenharia de caráter estrutural como construção de reservatórios de retenção e detenção para o controle dos picos de enchente e a utilização de pavimentos permeáveis bem como ações não estruturais como realocações e desapropriações da população que habita as áreas próximas aos corpos hídricos.

5. REFERÊNCIAS

- [1] VESTENA, L. R. “A importância da hidrologia na prevenção e mitigação de desastres naturais”. *Ambiência*, v. 4, n. 1, p. 151-162, 2008.
- [2] TUCCI, C. E. M. “Gestão das inundações urbanas”. *Global Water Partnership*. Edição em arquivo digital. Brasília, 2005. Disponível em: <www.semrah.se.gov.br/modules/wfdownloads/visit.php?cid=1&lid=175> Acesso em: maio 2016
- [3] PEREIRA, L.C.; LOMBARDI NETO, F. Avaliação da aptidão agrícola das terras: proposta metodológica. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 36 p.
- [4] IBGE. “Rio Grande da Serra: São Paulo – SP”. 2016. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/dtbs/saopaulo/riogrande-daserra.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2016.
- [5] SANTOS, A. R.; LOUZADA, F. L. R. O.; EUGENIO, F. C. “Elaborando um mapeamento de riscos a inundação”. In: SANTOS, A. R.; LOUZADA, F. L. R. O.; EUGENIO, F. C. *ArcGis 9.3 Total: Aplicações para dados espaciais*. Alegre: Cca-ufes, 2010. p. 135-160.
- [6] SAUSEN, T. M.; LACRUZ, M. S. P. (Org.). “Sensoriamento Remoto para desastres”. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 285 p.
- [7] TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, S. J. (Org.). “Desastres naturais conhecer para prevenir”. São Paulo: Instituto Geológico, 2008. 197 p.
- [8] MARCELINO, E. V. “Desastres Naturais e Geotecnologias: Conceitos básicos”. 2007. Disponível em: <http://www.unimedblumenau.com.br/downloads/Site_Unimed_Vida/DESASTRES_NATURAIS_E_GEOTECONOLOGIAS.pdf>. Acesso em: 1 nov. 2016.