



ANÁLISE HIERÁRQUICA DE PROCESSOS COMO SUPORTE AO MAPEAMENTO DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS À INUNDAÇÃO NO MUNICÍPIO DE PELOTAS/RS

SAMANTA TOLENTINO CECCONELLO¹; ANDRÉA SOUZA CASTRO²; DIULIANA LEANDRO³

¹ Universidade Federal de Pelotas - PPGCamb – satolentino@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas - PPGCamb – andreascastro@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas - PPGCamb – diuliana_l@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

As inundações são o resultado da precipitação intensa e do escoamento superficial que simultaneamente chegam a um corpo d'água sendo superior à capacidade de drenagem do mesmo, fazendo com que as águas extravasem para as áreas marginais, ocupadas atualmente por residências irregulares (ABDULRAZZAK et al. (2019), que são consequências do crescimento urbano desordenado (MORAES, 2017).

Corroborando com a afirmativa supracitada, SANTOS, LOUZADA e EUGÊNIO (2010), declaram que existem quatro fatores que independem da precipitação e que influenciam diretamente na elevação temporária do nível d'água em um canal de drenagem, devido ao acréscimo de vazão provocando inundações, são eles: altitude, declividade, uso da terra e tipo de solo.

Segundo NOGUEIRA (2015), visando reduzir os impactos negativos à população, principalmente devido às inundações, torna-se necessário que o crescimento urbano seja planejado e organizado. Sendo assim, é importante que o poder público conheça as áreas suscetíveis à inundação, de modo a garantir a preservação dos recursos naturais e promover a melhoria na qualidade de vida da população.

Neste contexto, o uso das geotecnologias pode auxiliar na tomada de decisão e no planejamento ambiental e territorial, pois possibilita revelar as áreas mais adequadas ou não, a serem ocupadas pela população para fins de moradia, assim como, quais as áreas mais suscetíveis aos riscos à inundação. De acordo com REZENDE, MARQUES e OLIVEIRA (2017), as análises espaciais realizadas através das geotecnologias produzem mapas que traduzem à realidade e às necessidades locais para uma efetiva tomada de decisão por parte do poder público.

A Análise Multicritério (AMC) tem sido muito utilizada como ferramenta para auxiliar à tomada de decisão. Ela baseia-se na importância que uma variável tem sobre a outra, e com isso, permite obter a ponderação dos elementos de forma mais clara, objetiva e confiável. Deste modo, combinar a AMC com os Sistemas de Informações Geográficas, auxilia na ponderação dos elementos para determinação dos riscos à inundação. Um dos exemplos de AMC é a Análise Hierárquica de Processos (AHP) que se baseia na comparação pareada, por importância relativa (pesos), probabilidade ou preferências entre dois critérios e foi proposta por SAATY (1977).

Diante do exposto este estudo objetivou utilizar a Análise Hierárquica de Processos para realizar o mapeamento das áreas suscetíveis à inundação do município de Pelotas. Esse estudo fez parte de um projeto maior que visou analisar a fragilidade ambiental de Pelotas através da análise integrada de temas como a declividade, tipos de solos, uso e cobertura da terra, clima, saneamento, APPs, inundações e erosão.

2. METODOLOGIA

O município de Pelotas está situado entre as coordenadas 31°46'19" de latitude Sul e 52° 20'19" de longitude Oeste. Situa-se sobre a Planície Costeira do Rio Grande do Sul, rodeada pela Laguna dos Patos e o Canal São Gonçalo. Apresenta características de solos arenosos cuja área urbana encontra-se em baixas altitudes,

fatores estes que aumentam os riscos à inundação. Para este estudo foram utilizados dados vetoriais de curvas de nível e pontos cotados da base cartográfica do Rio Grande do Sul de HASENACK; WEBER (2010), dados vetoriais dos tipos de solos de CUNHA; SILVEIRA; SEVERO (2006) e dados vetoriais do uso e ocupação do solo de CECCONELLO (2017). O software utilizado para o tratamento dos dados e modelagem dos componentes ambientais foi o ArcGis versão 10.6, desenvolvido pela ESRI.

O mapeamento das áreas suscetíveis à inundação foi realizado selecionando-se os seguintes componentes ambientais: tipos de solo, uso e ocupação da terra, altitude e declividade. Estes componentes foram selecionados conforme metodologia proposta por LADWIG et al. (2017), REZENDE; MARQUES; OLIVEIRA (2017) e SANTOS; LOUZADA; EUGÊNIO (2010). O banco de dados foi criado, atribuindo notas (valores) para cada mapa com seu respectivo grau de susceptibilidade à inundação, sendo 1 a menos suscetível e 5 a mais suscetível. Para a elaboração do mapa hipsométrico foram utilizadas informações das curvas de nível e pontos cotados para geração do MDE. Após a geração do Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente - MDEHC, utilizou-se a ferramenta Reclassify para reclassificar a altitude e a declividade conforme o grau de suscetibilidade, conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Classificação do grau de suscetibilidade à inundação relacionado ao critério declividade e altitude.

Intervalos de declividade	Intervalos de Altitude	Forma de Relevo	Valor	Grau de Suscetibilidade
0 a 3%	0m a 80m	Plano	5	Muito alta
3 a 8%	81m a 160m	Suavemente ondulado	4	Alta
8 a 20%	161m a 240m	Ondulado	3	Média
20 a 45%	241m a 320m	Fortemente ondulado	2	Baixa
Acima de 45%	Acima de 321m	Montanhoso	1	Muito baixa

Adaptado de LADWIG et al. (2017), REZENDE; MARQUES; OLIVEIRA (2017) e SANTOS; LOUZADA; EUGÊNIO (2010).

Na Tabela 2 estão apresentadas as condições e notas em relação à susceptibilidade à inundação, para uso e cobertura da terra e tipos de solos.

Tabela 2: Classificação do grau de suscetibilidade à inundação relacionado ao critério tipo de solo e uso e cobertura da terra

Tipo de Solos	Uso e Ocupação da terra	Valor	Grau de Suscetibilidade
-----	Mata nativa/Vegetação arbórea	1	Muito baixa
Planossolos.	-----	2	Baixa
Argissolos	-----	3	Média
Cambissolos, Espodossolos	Pastagem/Agricultura	4	Alta
Neossolos, Gleissolos, Organossolos	Área antropizada, Solo exposto/areia, Banhados e massa d'água	5	Muito alta

Adaptado de LADWIG et al. (2017), REZENDE; MARQUES; OLIVEIRA (2017) e SANTOS; LOUZADA; EUGÊNIO (2010).

Para determinação dos pesos dos parâmetros para integrar o modelo de suscetibilidade à inundação, utilizou-se o Processo Analítico Hierárquico (Analytic Hierarchy Process) – AHP, proposto por SAATY (1977). A AHP foi aplicada através do website AHP-OS (GOEPEL, 2018). Após a definição da hierarquia de importância das variáveis, verificou-se o Razão de Consistência (RC), devendo ficar abaixo de 0,1. De posse dos pesos para cada componente que integrou o modelo de suscetibilidade aos riscos de inundação, utilizou-se a calculadora Raster.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O valor da raiz de consistência obtida para a matriz foi de 0,043, sendo desta forma inferior à 0,1, conforme determina SAATY (1977), portanto, pode-se dizer que os pesos obtidos através da hierarquização dos elementos ambientais foram confiáveis, gerando a equação para a modelagem das áreas suscetíveis aos riscos à inundação (Equação 1).

$$I_{\text{inundação}} = 0,565^* \text{DEC} + 0,262^*\text{ALT} + 0,118^*\text{UC} + 0,055^*\text{TS} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde: $I_{\text{inundação}}$: Grau de suscetibilidade à inundação; DEC: Grau de suscetibilidade relativo ao critério Declividade; ALT: Grau de suscetibilidade relativo ao critério Altitude; UC: Grau de suscetibilidade relativo ao critério Uso e ocupação da terra e TS: Grau de suscetibilidade relativo ao critério Tipo de solo.

A Figura 1 apresenta o mapeamento das áreas suscetíveis à inundação no município de Pelotas, após a aplicação da AHP.

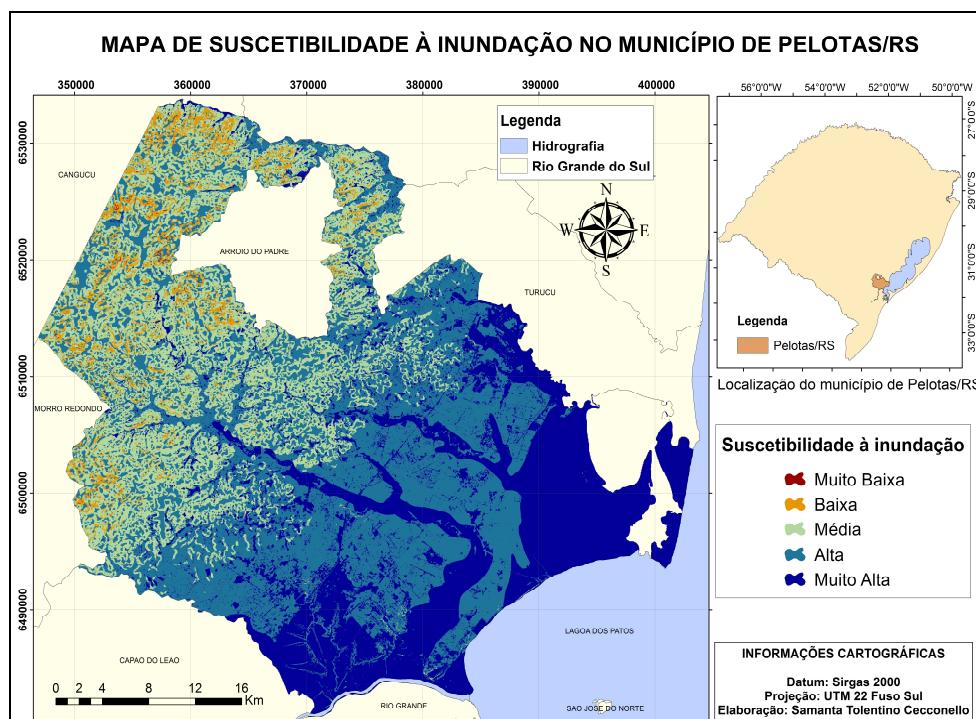


Figura 1: Mapeamento das áreas de risco à inundação para Pelotas, RS.

As áreas mais propensas à inundação variaram de baixa a muito alta suscetibilidade. As áreas classificadas como muito alta ocupam uma área de 996,56 Km² o que totaliza 61,89% da área total do município, seguida pela classe de alta suscetibilidade (27,89%) representadas pelas cores azul escuro e azul claro respectivamente. As demais classes representam pequenas áreas do município 9,63% de média suscetibilidade e 0,59% de baixa suscetibilidade, estando presente nas partes mais elevadas do município.

As áreas de maior suscetibilidade à inundação ocorrem nas partes em que a altitude é inferior a 80 metros e declividade inferior a 3%, e estão concentradas próximas aos principais mananciais do município, Canal São Gonçalo e Laguna dos Patos, que favorece ao aumento do nível da água nestes mananciais. Ainda nas áreas classificadas como de alta e muito alta suscetibilidade à inundação, se encontra a área urbana do município, o que dificulta ainda mais a infiltração da água de chuva no solo, aumentando o escoamento superficial, o que é intensificado pelo solo presente nestas

áreas que é considerado como mal drenado. Segundo estudos de REZENDE; MARQUES; OLIVEIRA (2017) e LADWIG et al. (2017), as áreas urbanas são as mais afetadas pela inundação e intensificam o processo, pois contribuem muito com a impermeabilização do solo, dificultando a infiltração da água da chuva.

4. CONCLUSÕES

Através da utilização da AHP foi possível mapear as áreas suscetíveis à inundação no município de Pelotas, sendo que esta variou de baixa a muita alta suscetibilidade à inundação. Sugerimos que o mapa e as informações levantadas neste trabalho sejam considerados pelo poder público nos projetos de gestão e planejamento urbano que visem o controle de inundações e de alerta às populações situadas em locais de risco.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDULRAZZAK, M. et al. Flash flood risk assessment in urban arid environment: case study of Taibah and Islamic universities' campuses, Medina, Kingdom of Saudi Arabia. **Geomatics, Natural Hazards And Risk**, [s.l.], v. 10, n. 1, p.780-796, jan. 2019.
- CECCONELLO, S. T. **Análise ambiental dos processos dinâmicos do uso e cobertura da terra sobre as áreas de preservação permanente no município de Pelotas entre os anos de 1985 e 2015**. 2017. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Territorial e Sistemas Agroindustriais, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.
- CUNHA, N.G da; SILVEIRA, R.J.C.S; SEVERO, C.R.S. **Solos e Terras do Planalto Sul-Rio-Grandense e Planícies Costeiras**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 44p. ISSN 1516-8832. 2006.
- GOEPEL, K.D. Implementation of an Online Software Tool for the Analytic Hierarchy Process (AHP-OS). **International Journal of the Analytic Hierarchy Process**, Vol. 10 Issue 3 2018, pp 469-487.
- HASENACK, H.; WEBER, E. **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul - escala 1:50.000**. Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia. 2010. 1 DVD-ROM. (Série Geoprocessamento n.3).
- LADWIG, N. I. et al. Mapeamento da vulnerabilidade à inundação e ao deslizamento na bacia hidrográfica do Rio Urussanga, utilizando o método de análise hierárquica – AHP. In: LADWIG, Nilzo Ivo; SCHWALM, Hugo (Org.). **Planejamento e gestão territorial: gestão integrada do território. Criciúma**. UNESC, 2017. p.142-160.
- MORAES, M. M. de B. **As ocupações irregulares e suas relações com as áreas de risco no espaço urbano de Cariacica-ES: caso de porto de Santana Vitória**. 2017. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Geografia, Centro de Ciências Humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2017.
- NOGUEIRA, A.C.R.M. **Planejamento e Gestão territorial: Uma Análise Sobre as Estratégias de Desenvolvimento Urbano e Ambiental do Município de Maricá/RJ**. 2015. 166 f. Monografia (Especialização) - Curso de Curso de Especialização em Engenharia Urbana, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.
- REZENDE, P. S.; MARQUES, D. V.; OLIVEIRA, L. de. Construção de modelo e utilização do método de processo analítico hierárquico – AHP para mapeamento de risco a inundação em área urbana. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 18, n. 61, p.1-18, mar. 2017.
- SAATY, T.H. A scaling method form priorities in hierarquical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v.15, n. 3, p. 234-281, 1977.
- SANTOS, A.R; LOUZADA, F.L.R.O; EUGÉNIO, F.C. **ARCGIS 9.3 total: aplicações para dados espaciais**. Alegre – ES, 2010. 185p.