Mapeamento da Susceptibilidade a Inundações na Região Hidrográfica da Baía de Guanabara (RH-5) do Estado do Rio de Janeiro

Júlia Teixeira Barbosa [1]; Olga Betania Dias Fica Piras[2]; Christian Basílio Oliveira[3]; Maria Luisa Rodrigues Lado[4]; Gustavo Spiegelberg[5]; Francis Martins Miranda[6]; Osvaldo Moura Rezende[7]

Palavras-Chave – Cheias, Planejamento Urbano, Baía de Guanabara.

INTRODUÇÃO

As inundações são consideradas fenômenos naturais que lideram em termos de recorrência, intensidade e perdas financeiras globais. Este fenômeno é um processo natural que combinado ao crescimento urbano sem um planejamento adequado e a desigualdade socioespaciais, se transforma em desastre natural, com um alto poder de destruição. Portanto, é fundamental classificar a vulnerabilidade das regiões a alagamentos e inundações. Neste trabalho, para avaliar essa vulnerabilidade na Região Hidrográfica da Baía de Guanabara (RH-5), do Estado do Rio de Janeiro, foi realizado o mapeamento da susceptibilidade a inundações através da aplicação do Índice de Susceptibilidade do Meio Físico a Inundações em sua versão 2.0 (ISMFI v2.0), originalmente proposto por Miranda (2016). Este índice classifica o território de acordo com a propensão a sofrer inundações, baseado em quatro indicadores que representam características do território que influenciam a ocorrência desse evento crítico, colaborando diretamente para subsidiar ferramentas de planejamento do território para construção de cidades mais resilientes.

METODOLOGIA

O estudo consiste no mapeamento da suscetibilidade da RH-5 do Estado do Rio de Janeiro, a eventos de inundações, a partir da combinação de quatro indicadores, conforme apresentado a seguir. Em seguida, para fins de validação do mapa de suscetibilidade foi realizada uma análise cruzada mediante a sobreposição espacial entre os resultados do índice e um mapa com o levantamento de ocorrências de inundações (2018 a 2026) na região.

Índice de Susceptibilidade do Meio Físico a Inundações (ISMFI)

O ISMFI é obtido a partir da combinação de quatro indicadores que representam características do território que influenciam a ocorrência de inundações.

Indicador de Declividade para Drenagem - I_{DEC}

Nesse indicador, o território é classificado em função de sua declividade para o escoamento superficial. Regiões de topografia plana apresentam maior uma maior propensão a eventos de inundação e alagamento, portanto, a declividade da drenagem de um solo constitui um indicador crucial e limitante para o cálculo do ISMFI vs2.0. O I_{DEC} é determinado a partir de um Modelo Digital de Terreno (MDT), utilizando-se algoritmo de declividade do tipo D8. Os valores resultantes são, subsequente, classificados conforme a eficiência na condução de escoamentos superficiais.

1) Laboratório Água e Cidade, Escola Politécnica da UFRJ (LAC/DRHIMA-POLI/UFRJ), julia.teixeira@poli.ufrj.br
2) Laboratório Água e Cidade, Escola Politécnica da UFRJ (LAC/DRHIMA-POLI/UFRJ), aolga.marinha.20231@poli.ufrj.br
3) Programa de Engenharia Urbana da Escola Politécnica da UFRJ (PEU-POLI/UFRJ), christian.basilio.peu@poli.ufrj.br
4) Programa de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica e Escola de Química da UFRJ (PEA-POLI&EQ/UFRJ), mluisa.rod@poli.ufrj.br
5) Programa de Engenharia Naval e Oceânica da COPPE/UFRJ (PENO-COPPE/UFRJ), gustavo.spiegelberg@gmail.com
6) Programa de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica e Escola de Química da UFRJ (PEA-POLI&EQ/UFRJ), francismmiranda@gmail.com
7) Programa de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica e Escola de Química da UFRJ (PEA-POLI&EQ/UFRJ); Mestrado Profissional em Arquitetura Paisagística da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ (MPAP-FAU/UFRJ), omrezende@poli.ufrj.br

Indicador de Impermeabilização – I_{IMP}

O Índice de Impermeabilização do Solo (I_{IMP}) ordena as diferentes classes de uso e cobertura do solo quanto ao grau de impermeabilização, o que possibilita a inferência sobre a capacidade de interceptação, retenção e infiltração dos volumes precipitados, além de seu potencial de geração e acúmulo de volumes escoados superficialmente.

Indicador de Proximidade de Curso D'Água - I_{PROX}

O Indicador de Proximidade de Curso D'Água (IPROX) combina o método *Height Above the Nearest Drainage* (HAND) (NOBRE, CUARTAS, *et al*., 2011) com o parâmetro de distância à rede de drenagem (*distance from drainage network* – DFDN), com o objetivo de mapear, de forma simplificada, zonas propensas à passagem de cheias (*flood ways*) previamente à aplicação de modelos hidrodinâmicos detalhados. Os valores para o I_{PROX} foram definidos em função de faixas de declividade média do terreno e a distância até os cursos d'água

Indicador de Cota Altimétrica Absoluta – I_{COTA}

O Indicador de Cota Altimétrica Absoluta (I_{COTA}) parte de uma realidade de que terrenos situados em cotas próximas ao nível do mar, tendem a apresentar uma reduzida eficiência de drenagem e capacidade de descarga, cenário que pode ser agravado devido a oscilações de maré, incluindo o efeito de remanso em canais a montante. O I_{COTA} penaliza de forma progressiva às regiões de baixa cota altimétrica.

Determinação do Índice de Suscetibilidade do Meio Físico a Inundações na RH-5

Na Equação 1, é apresentada a segunda versão do Índice de Susceptibilidade do Meio Físico a Inundações ($ISMFIv2.0$), na qual foram realizadas adaptações em sua formulação e em seus indicadores, a fim de otimizar seu uso para bacias localizadas em regiões costeiras.

$$ISMFIv2.0 = [IDEC^{n1} \times (p1 \times IIMP + p2 \times IPROX)^{n2}] \times ICOTA \qquad (1)$$

Na qual:

- $n1$ - Peso atribuído ao indicador de declividade;
- p 1 - Peso atribuído ao indicador de impermeabilização do solo;
- $n2$ - Peso atribuído ao indicador de proximidade de curso d'água;
- p 2 - Peso atribuído ao segundo termo do produtório, composto pelos somatórios ponderados dos indicadores de impermeabilização do solo e proximidade de curso d'água.
- Note que $n1+n2 = 1$ e $p1+p2 =1$. Neste estudo, foram considerados $p1 = p2 = 0{,}5$, n 1 =0,67 e $n2 = 0{,}33$.

Cabe destacar que o Indicador de Cota Altimétrica Absoluta (I_{COTA}) não foi ponderado na composição do índice, diferentemente da proposta inicial de Miranda (2016). Nesta nova formulação, o indicador passa a variar de 1 a 2 e funciona como um modificador geral do índice, agravando a susceptibilidade em regiões de baixada costeira.

Em Miranda (2016), o ISMFI é um índice quantitativo que varia de 0 a 1. Entretanto, devido à característica modificadora do indicador de cota altimétrica absoluta, possíveis valores maiores que 1 (o que poderia ocorrer matematicamente) são igualados ao teto (igual a 1), a partir da condicional, expressa a seguir:

- Se $ISMFI\ v2.0 > 1 \Rightarrow ISMFI\ v2.0 = 1$
- Se $ISMFI\ v2.0 \leq 1 \Rightarrow Retorna\ o\ mesmo\ valor$

RESULTADOS

A Figura 1 apresenta a caracterização espacial dos quatro indicadores temáticos e o Mapeamento de Susceptibilidade a Inundações (ISMFI) e da Região Hidrográfica 5 do Estado do Rio de Janeiro.

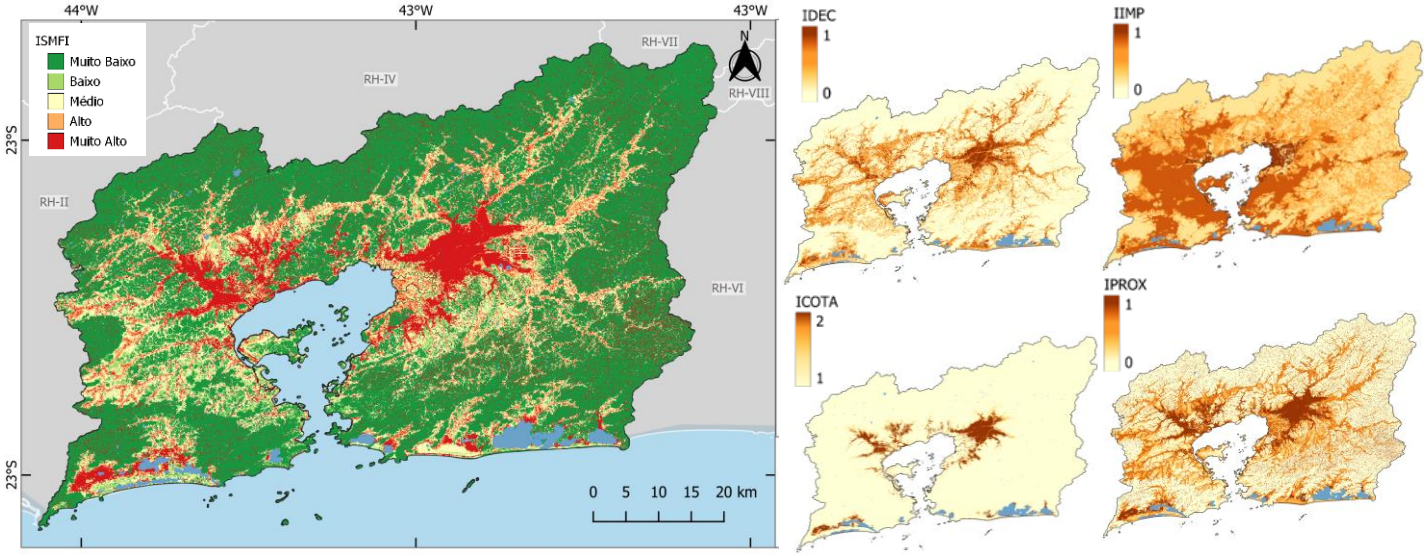


Figura 1. Mapeamento da Susceptibilidade a Inundações na RH-5. Fonte: autoria própria.

Foi possível avaliar a consistência preditiva do índice, através do levantamento de ocorrências dos pontos críticos, como demostrado na Figura 2. Exemplo disto é que um quarto do território da RH-5 é classificado como *alta* e *muito alta* susceptibilidade, que é comprovado através pela alta concentração de eventos registrados, como apresentado na Figura 2. Esta situação se dá pela combinação entre extensas áreas de planície costeira e a alta densidade de ocupação, cerca de 23% da região é urbanizada. A Figura 3 apresenta o percentual das áreas correspondentes a cada classificação de suscetibilidade em relação à área total da RH-V, com isto observa-se que, com exceção das UHPs V-c2 e V-d1, as demais unidades possuem cerca de 40% de sua área com média, *alta* e *muito alta* susceptibilidade.

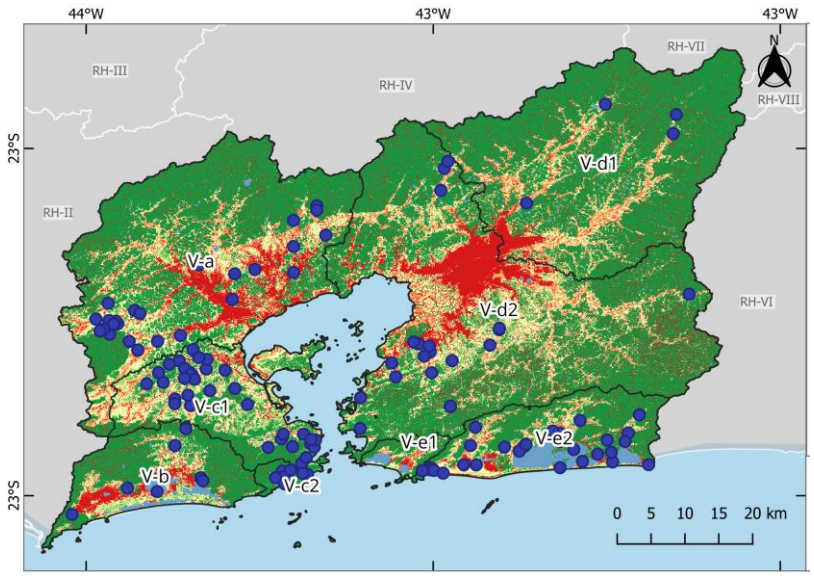


Figura 2. Pontos de ocorrência de inundações levantados em fontes secundárias sobreposto ao mapa de suscetibilidade. Fonte: autoria própria.

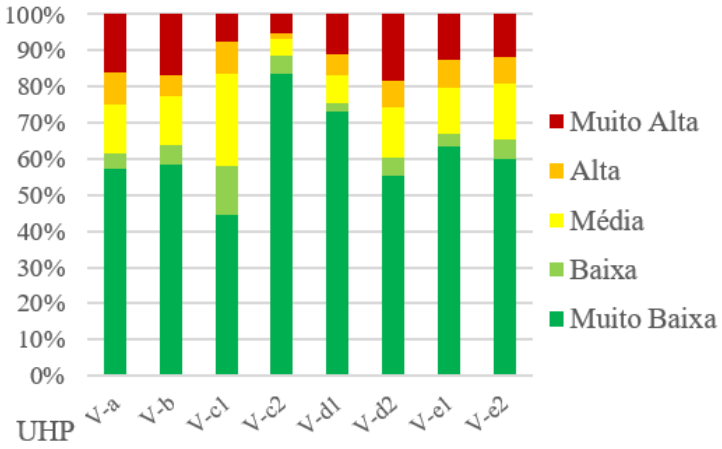


Figura 3. Gráfico com representação percentual da área correspondente a cada classificação de suscetibilidade em relação à área total da RH-V. Fonte: autoria própria.

CONCLUSÃO

A partir da análise cruzada realizada é possível verificar uma boa aderência entre as zonas classificadas como de maior propensão a inundações e as áreas que concentram grande parte dos registros históricos de eventos hidrológicos extremos na RH-5. Dessa forma, a avaliação da susceptibilidade a inundação valida-se como uma etapa preliminar para a análise de cenários de risco, ao fornecer uma visão abrangente do território, subsidiando a identificação de zonas prioritárias para ações de planejamento territorial e gestão de riscos associados a inundações. Adicionalmente, para ampliar a análise do risco na bacia frente a cenários atuais e futuros, marcados pelo avanço dos processos de urbanização e mudanças climáticas, é necessária uma análise mais detalhada através de modelos hidrodinâmicos, e a integração de diagnósticos sobre as redes de infraestrutura urbana, além de outros perigos, como por exemplos enxurradas. Em suma, a análise apresentada neste trabalho consolida-se como essencial para a validação de cenários de risco, a identificação de áreas recorrentemente afetadas e a contextualização socioinstitucional da segurança hídrica na RH-5.

REFERÊNCIAS

CABRAL, F. M. (2024). "*Índice de risco potencial de inundações como ferramenta para o planejamento de áreas urbanas em expansão*" [PhD Thesis, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Programa de Engenharia Civil. Dissertação de Mestrado]. http://www.coc.ufrj.br/pt/dissertacoes-de-mestrado/663-2024/10318-felipe-manoel-cabral

IBGE, 2022. Grade Estatística. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

MIRANDA, F. M. (2016). "*Índice de Susceptibilidade do Meio Físico a Inundações como Ferramenta para o Planejamento Urbano*". Dissertação de Mestrado. COPPE/UFRJ

MIRANDA, F.M.; CABRAL, F.M.*;* OLIVEIRA, A.K.B.; TURINI, L.R.; Osvaldo Moura REZENDE, O.M.*; MIGUEZ, M.G. (2023). "Mapeamento Da Susceptibilidade A Inundações No Município De Maricá-RJ*". III END – Encontro Nacional de Desastres.

NOBRE, A. D., CUARTAS, L. A., HODNETT, M., et al. Height Above the Nearest Drainage – a hydrologically relevant new terrain model. Journal of Hydrology, v. 404, n. 1–2, p. 13–29, 2011. DOI:10.1016/j.jhydrol.2011.03.051.

SILVA, G.; MIGUEZ, M.; GREGÓRIO, L.; VERÓL, A. (2016). "*Vulnerability Index application and suitability of different methodologies applied to the municipality of Cuiabá, Mato Grosso – Brazil"*E3SWeb of Conferences 7, 08013. DOI:10.1051/e3sconf/20160708013