MAPEAMENTO QUALITATIVO DE INUNDAÇÕES COMO UMA FERRAMENTA PARA O PLANEJAMENTO URBANO – ESTUDO DE CASO DA BACIA DO RIO IGUAÇU

QUALITATIVE FLOOD MAPPING AS A TOOL FOR URBAN PLANNING - CASE STUDY OF IGUÇU WATERSHED

Paula Morais Canedo de Magalhães[1]; Matheus Martins de Sousa[2]; Fernanda Rocha Thomaz[3]; Osvaldo Moura Rezende[4]; Myrian da Silva Portes[5], Vitor Silva Borges de Medeiros[6], Hudson de Mello Neto[7], Marcelo Gomes Miguez[8]

[1] Mestre | paulamoraiscanedo@gmail.com | UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil; [2] Doutor | matheus@poli.ufrj.br | UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil; [3] Doutor | fer@hidro.ufrj.br | UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil; [4] Doutor | omrezende@poli.ufrj.br | UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil; [5] Graduando | myrianportes@poli.ufrj.br | UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil; [6] Graduando | vitor.medeiros.20221@poli.ufrj.br | UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil; [7] Graduando | hudson.mello.neto@poli.ufrj.br | UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil; [8] Doutor | marcelomiguez@poli.ufrj.br | UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil.

Resumo:
As inundações urbanas representam um desafio crescente para cidades contemporâneas, especialmente em áreas densamente povoadas. Esses eventos, geralmente causados por chuvas intensas, são agravados pela urbanização desordenada, que aumenta as superfícies impermeáveis, e pelas mudanças climáticas, que intensificam a frequência e severidade das precipitações, além da elevação do nível do mar em regiões costeiras. Este estudo tem como objetivo mapear a susceptibilidade a inundações na bacia do rio Iguaçu, Região Metropolitana do Rio de Janeiro, por meio do Índice de Susceptibilidade do Meio Físico a Inundações, uma ferramenta multicritério que determina a vulnerabilidade a inundações utilizando quatro indicadores: declividade do terreno, uso do solo, proximidade de corpos hídricos e altitude. A proposta do trabalho inclui uma análise complementar ao cruzar os resultados do índice com registros históricos de inundações, validando o modelo em áreas afetadas e identificando zonas de risco residual. O resultado desse mapeamento demonstrou boa correspondência com os eventos registrados, conferindo robustez à proposta metodológica. Assim, o mapa de susceptibilidade pode ser utilizado como base para análises complementares, oferecendo uma estratégia de planejamento dual: com adoção de medidas corretivas em áreas críticas e implementação de ações preventivas em zonas vulneráveis, contribuindo para o desenvolvimento urbano sustentável e resiliente.

Palavras-chave:
ISMFI; Mapeamento Qualitativo de Inundações; Planejamento Urbano Resiliente.

Abstract:
Urban flooding represents a growing challenge for contemporary cities, especially in densely populated areas. These events, typically caused by intense rainfall, are worsened by unplanned urbanization, which increases impervious surfaces, and by climate change, which intensifies the frequency and severity of precipitation events, as well as sea level rise in coastal regions. This study aims to map flood susceptibility in the Iguaçu River Basin, located in the Metropolitan Region of Rio de Janeiro, using the Physical Susceptibility to Floods Index (PhySFI)—a multi-criteria tool that assesses flood vulnerability based on four indicators: terrain slope, land use, proximity to water bodies, and elevation. The study also proposes a complementary analysis by cross-referencing the index results with historical flood records, validating the model in previously affected areas and identifying zones of residual risk. The results of this mapping showed good correspondence with the recorded events, lending robustness to the proposed methodology. Thus, the susceptibility map can be used as a basis for complementary analyses, offering a dual planning strategy that combines corrective measures in critical areas with the implementation of preventive actions in vulnerable zones, contributing to sustainable and resilient urban development.

Keywords:
PhySFI; Qualitative Flood Mapping; Resilient Urban Planning.

1. INTRODUÇÃO

As inundações são um dos desastres naturais mais comuns em todo o mundo que ameaçam a vida humana e o funcionamento das cidades (Kumari, Koley, Dutta, 2025). De acordo com o EM-DAT, de 2000 até 2025, foram registrados 10.307 desastres naturais ao redor do mundo e desse total, 4.144 estão relacionados a inundações (CRED, 2025). De fato, estima-se que 1,81 bilhão de indivíduos, ou 23% da população global, vivem sob a ameaça de inundações (Rentschler, Salhab, Jafino 2022). Nesse sentido, a análise de risco de inundações é uma demanda estratégica para cidades mais resilientes, não apenas para a situação atual, mas também para cenários futuros adversos de urbanização crescente e mudanças climáticas (Sayers *et al.*, 2013).

Entretanto, uma análise robusta de risco de inundações pode ser uma tarefa altamente exigente, muitas vezes necessitando utilizar técnicas de modelagem hidrodinâmica (Solín, 2012). Diante disso, ferramentas preliminares de mapeamento que avaliem a susceptibilidade a inundações surgem como uma alternativa de fácil uso. Geralmente, essa abordagem de mapeamento define a probabilidade de ocorrência de inundações com base em características geográficas da região (Rodríguez *et al.*, 2013). Técnicas de análises multicritério combinada com o Sistema de Informações Geográficas (SIG), são abordagens frequentes.

Assim, este estudo tem como objetivo realizar a identificação das áreas mais sujeitas a inundação na bacia do Rio Iguaçu (que abrange os municípios de Nova Iguaçu, Duque de Caxias, Belford Roxo, Mesquita, Nilópolis, São João de Meriti e Rio de), possibilitando a proposição de soluções de amortecimento que possam mitigar os problemas encontrados atualmente, também preparando a cidade para possíveis futuros adversos.

Para tanto, foi utilizado o Índice de Susceptibilidade do Meio Físico a Inundações (ISMFI). Esse índice é uma ferramenta multicritério que avalia a susceptibilidade a inundações com base em quatro indicadores: declividade do terreno, uso da terra, proximidade de rios e elevação, oferecendo uma abordagem simples, porém eficaz (Miranda *et al.*, 2023a).

Como esse índice não representa o processo de inundação em si, mas sim uma indicação da propensão natural às inundações, este estudo apresenta uma interpretação complementar ao cruzar seus resultados com dados históricos de inundações, tanto para validar o mapeamento de susceptibilidade quanto para oferecer subsídios ao planejamento da redução do risco de inundações.

Essa análise de susceptibilidade física é útil não apenas para avaliar áreas propensas a inundações, mas também para identificar áreas potenciais para a implementação de zonas úmidas, reservatórios e paisagens multifuncionais. Além disso, áreas naturalmente suscetíveis a inundações, mas que não experienciam eventos recorrentes devido a medidas de mitigação já implementadas, podem ser classificadas como áreas de risco residual.

Todas as informações fornecidas pela abordagem proposta sustentam uma estratégia de planejamento dual para a redução do risco de inundações, pois fornecem base tanto para a aplicação de medidas corretivas em áreas frequentemente inundadas quanto para destacar a necessidade de estratégias preventivas em zonas de alta susceptibilidade, promovendo um desenvolvimento urbano sustentável e resiliente.

2. REVISÃO DE LITERATURA: O ÍNDICE DE SUSCEPTIBILIDADE DO MEIO FÍSICO A INUNDAÇÕES (ISMFI)

A susceptibilidade do meio físico a inundações depende de diversos fatores naturais e antrópicos como cobertura vegetal, relevo, uso e ocupação do solo, grau de impermeabilização e rugosidade do terreno etc. A interação entre esses elementos influencia diretamente na transformação da chuva em escoamento superficial, na velocidade e retenção do escoamento e na formação de áreas propensas ao acúmulo de água. É nesse contexto que foi desenvolvido o Índice de Susceptibilidade do Meio Físico a Inundações (ISMFI) (Miranda *et al.*, 2023a), que é composto por 4 indicadores:

- **Indicador de Declividade para Drenagem (IDEC):** A declividade pode ser considerada o parâmetro físico mais importante na definição de áreas alagáveis ou inundáveis (Kazakis, Kougias, Patsialis, 2015; Tehrany *et al.*, 2014). Regiões relativamente planas ou com baixas declividades apresentam a drenagem natural dificultada e sistemas construídos devem ser alvo de critérios especiais de dimensionamento. Assim, nesse indicador, o território é classificado em função de sua declividade para o escoamento superficial.
- **Indicador de Impermeabilização (IIMP):** Esse indicador tem por finalidade representar e hierarquizar áreas com diferentes tipos e usos do solo quanto ao grau de impermeabilização, permitindo inferir sobre sua capacidade de interceptação, retenção e infiltração dos volumes precipitados e, consequentemente, seu potencial de geração e acúmulo de volumes escoados superficialmente.
- **Indicador de Proximidade de Curso D'Água (IPROX):** Esse indicador cumpre a função de mapear as zonas de passagens de cheias de uma forma mais simples, antecedendo o uso de modelos matemáticos hidrodinâmicos e indicando áreas mais propensas a receber extravasamentos de calha. Para tanto, O IPROX analisa a declividade média das áreas próximas em direção ao curso d'água e sua respectiva distância, buscando representar as características do talvegue, bem como o acesso do excedente pluvial para as planícies adjacentes.
- **Indicador de Cota Altimétrica Absoluta (ICOTA):** De maneira geral, terrenos em cotas próximas ao nível do mar tendem a apresentar baixa eficiência na condução e na capacidade de descarga, podendo ainda ter essas características agravadas pelas restrições de descarga provocadas pelas oscilações de maré, restringindo, assim, a saída de drenagem e causando efeito de remanso em canais a montante. Nesse sentido, esse indicador tem como objetivo penalizar as regiões em baixas cotas altimétricas.

Miranda *et al.* (2023b) apresentou uma validação do ISMFI por meio de comparação dos resultados da classificação da susceptibilidade a inundações com manchas de alagamento resultantes de estudos de modelagem hidrológico-hidrodinâmica de cheias, tendo alcançado uma boa correlação.

Uma vez determinados, os indicadores IDEC, IIMP, IPROX e ICOTA são combinados por meio da Equação 1, de modo a calcular o ISMFI. Ressalta-se que a Equação 1 aqui apresentada difere um pouco da versão original, uma vez que algumas alterações foram feitas na formulação do ISMFI a fim de otimizar o seu em bacias localizadas em regiões costeiras. Essa nova versão de cálculo recebeu o nome de ISMFI v2.0 e foi utilizada em projetos (LAC, 2025a; 2025b) e artigos científicos (Miranda *et al.*, 2023b; Magalhães *et al.*, 2025).

A principal diferença dessa versão para a concepção original reside na normalização do ICOTA e na sua incorporação no cálculo do índice. Em Miranda *et al.* (2023a), o ISMFI é um índice quantitativo que varia de 0 a 1, no qual todos os seus indicadores seguem a mesma normalização. Entretanto, na nova formulação, o indicador ICOTA passa a variar de 1 a 2, agravando a susceptibilidade em regiões de baixada costeira. Com essa modificação, possíveis valores encontrados para o ISMFI v2.0 que são maiores que 1 (o que poderia ocorrer matematicamente) devem ser igualados ao teto (igual a 1), a partir de uma condicional, expressa pela Equação 2.

$$ISMFI\ v2.0 = \ [IDEC^{n1} \cdot (p1 \cdot IIMP + p2 \cdot IPROX)^{n2}] \cdot ICOTA \qquad \text{(Equação 1)}$$

$$\begin{gathered} Se\ ISMFI\ v2.0 > 1 \Rightarrow ISMFI\ v2.0 = 1 \\ Se\ ISMFI\ v2.0 \leq 1 => Retorna\ o\ mesmo\ valor \end{gathered} \qquad \text{(Equação 2)}$$

Na qual:

$n1$ - Peso atribuído ao indicador de declividade;
$p1$ - Peso atribuído ao indicador de impermeabilização do solo;
$p2$ - Peso atribuído ao indicador de proximidade de curso d'água;
$n2$ - 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 $p1 + p2 = 1$.

3. MÉTODOS

3.1. PROCEDIMENTOS GERAIS

Neste estudo, a avaliação da susceptibilidade a inundações da região de estudo foi feita de maneira qualitativa. Para tanto, essa atividade foi dividida em 2 etapas. A primeira consiste no levantamento de registros de inundações pregressas, visando identificar os locais mais comumente atingidos.

Já a segunda etapa consiste na aplicação do ISMFI para realizar o mapeamento das áreas mais vulneráveis a inundações. Cabe ressaltar que, de acordo com esse mapeamento, a fragilidade do meio físico é considerada intrínseca, permanecendo mesmo com a presença de obras de proteção, as quais, se falharem, podem expor novamente a vulnerabilidade da área.

Posteriormente, os pontos identificados na primeira etapa foram sobrepostos ao resultado do ISMFI. A comparação das áreas mapeadas como propensas a inundações com registros históricos de enchentes pode validar o mapeamento do ISMFI, em áreas que não contam com obras de mitigação. Por outro lado, áreas altamente suscetíveis de acordo com suas características físicas, mas que não apresentam registros de inundações, devem indicar regiões onde pode haver um risco residual associado. Essas áreas suscetíveis, mas não alagadas, podem ser resultado da ação positiva de medidas de mitigação já implementadas ou da presença de barreiras (como muros de ferrovias, aterros, entre outros). Nesse caso, essas áreas permanecem frágeis e poderão sofrer inundações em caso de falha das medidas de mitigação ou rompimento das barreiras de proteção. Portanto, mesmo que estejam protegidas em certo grau, essas áreas devem ser planejadas para enfrentar os riscos residuais.

3.2. ESTUDO DE CASO

A bacia do Rio Iguaçu está localizada na Baixada Fluminense e abraça 7 municípios da RMRJ, sendo eles Nova Iguaçu, Belford Roxo, São João de Meriti, Mesquita, Duque de Caxias, Nilópolis e Rio de Janeiro. Essa bacia, sofre constantemente com graves inundações, resultantes da combinação de fatores geográficos, históricos e socioambientais.

Localizada entre a Serra do Mar e a Baía de Guanabara, a bacia possui como uma característica marcante a presença de uma vasta área em planície costeira o que torna a região naturalmente susceptível a inundações.

Adicionalmente, esta propensão natural foi drasticamente ampliada pelo processo acelerado e desordenado de urbanização, que avançou sem um planejamento ambiental adequado. A mudança do uso e cobertura do solo altera o ciclo hidrológico, intensificando a velocidade e o volume dos escoamentos superficiais, o que resulta no aumento da magnitude das inundações. Além disso, o processo de ocupação do território aumenta a exposição de bens e pessoas a esses eventos, aumentando, assim, os danos e prejuízos resultantes das cheias, materializando assim o risco de inundação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. LEVANTAMENTO DO HISTÓRICO DE INUNDAÇÕES NA BACIA DO RIO IGUAÇU

O levantamento do histórico de inundações na bacia do Rio Iguaçu foi realizado com base em notificações não-oficiais, obtidas por meio de pesquisa online em redes sociais e de reportagens realizadas em veículos de comunicação. Os pontos de localização identificados estão presentes em 4 dos municípios que compõe a bacia (Nova Iguaçu, Mesquita, São João de Meriti e Belford Roxo) e podem ser observados na Figura 1.

4.2. APLICAÇÃO DO ISMFI PARA A BACIA DO RIO IGUAÇU

Para determinação dos indicadores do ISMFI v2.0, foram utilizados os seguintes dados de entrada:

- Modelo Digital de Terreno da Região Metropolitana do Rio de Janeiro com resolução de 10x10;
- Hidrografia na escala 1:25.000, disponibilizado pelo IBGE;
- Uso do Solo de 2018, disponibilizado pelo Inea.

A normalização adotada para cada um dos indicadores do ISMFI pode ser observada nas Tabela 1, Tabela 2, Tabela 3 e Tabela 4. Além disso, os pesos considerados para a Equação 1 apresentada anteriormente foram: $p1 = p2 = 0{,}5$, $n1 = 0{,}67$ e $n2 = 0{,}33$.

Tabela 1 – Normalização do indicador IDEC.

Categorias de declividade para drenagem	Faixas de declividade (%)	Indicador de declividade para drenagem
Deficiente	0 – 0,5	1,00
Aceitável	0,5 – 1,5	0,75
Boa	1,5 – 3,0	0,50
Muito boa	3,0 – 8,0	0,25
Ótima	> 8,0	0,00

Fonte: Miranda (2016).

Tabela 2 – Normalização do indicador IIMP.

Categorias de uso do solo	Indicador de impermeabilização do solo
Reflorestamento	0,30
Água	1,00
Agricultura	0,40
Vegetação secundaria em estágio inicial	0,30
Vegetação secundaria em estágio médio e avançado	0,20
Campo/pastagem	0,35
Afloramento rochoso	0,80
Mangue	0,90
Urbano	0,85
Area úmida	0,90

Fonte: Elaboração própria (2025).

Tabela 3 – Normalização do indicador IPROX.

Distância (m)	Declividade (%)				
	Até 0,5	Entre 0,5 e 1,5	Entre 1,5 e 3,0	Entre 3,0 e 8,0	Maior que 8,0
Até 30	1	1	1	1	0,75
Entre 30 e 50	1	1	1	0,75	0,50
Entre 50 e 100	1	1	0,75	0,50	0,25
Entre 100 e 200	1	0.75	0,50	0,25	0
Entre 200 e 300	0.75	0.5	0,25	0	0
Entre 300 e 400	0.5	0.25	0	0	0
Entre 400 e 500	0.25	0	0	0	0
Entre 500 e 1.000	0	0	0	0	0
Acima de 1.000	0	0	0	0	0

Fonte: Cabral (2024).

Tabela 4 – Normalização do indicador ICOTA.

Intervalos de cota absoluta (m)	Indicador de cota altimétrica absoluta
Menor ou igual a 2 metros	2,00
Maior que 2 e menor ou igual a 3 metros	1,50
Maior que 3 e menor ou igual a 4 metros	1,25
Maior que 4 e menor ou igual a 5 metros	1,10
Maior que 5 metros	1,00

Fonte: Miranda (2016).

Os resultados da aplicação da metodologia para cada um dos 4 indicadores, bem como o resultado do ISMFI v2.0 e a localização dos pontos de inundação identificados na etapa anterior podem ser observados na Figura 1. Observa-se que as áreas de maior susceptibilidade são identificadas na cor vermelha, enquanto as de menor susceptibilidade em verde.

Em relação aos resultados do IDEC, observa-se uma ampla região com valores altos, indicando que boa parte da bacia possui baixa declividade, o que aumenta a susceptibilidade a inundações. Por outro lado, o IIMP atinge seus valores mais altos nas zonas urbanizadas, onde o escoamento superficial é mais intenso. Esses valores diminuem gradualmente nas áreas adjacentes às encostas que ainda não foram urbanizadas.

Já o resultado do IPROX apresenta valores mais altos concentrado ao longo dos canais fluviais, decrescendo rapidamente à medida que aumenta a distância dos leitos dos rios, especialmente em terrenos com declividades mais acentuadas.

Por fim, o ICOTA apresenta uma concentração dos valores altos próximos a foz da bacia, enquanto no restante da área de estudo são observados valores muito baixos.

A sobreposição dos mapas mostra como uma boa parte das áreas urbanas (alto IIMP) se encontra em regiões muito planas (alto IDEC) e próximas dos corpos d’água (alto IPROX), havendo ainda uma parte substancial em regiões de baixa altitude (alto ICOTA), resultando em uma significativa exposição a potenciais eventos de inundação.

Os resultados consolidados do ISMFI indicam que os locais mais próximos aos corpos d’água e com adensamento urbano mais elevado se enquadram na categoria de susceptibilidade alta a inundações, o que indica a necessidade de uma atenção especial para com essas áreas. Além disso, verifica-se que quase todos os pontos onde foram registrados algum tipo de alagamento ocorreram em áreas classificadas como “Alta” ou “Muito Alta” susceptibilidade a inundação. Esse resultado traz validade para o mapeamento qualitativo realizado com o ISMFI.

De acordo com o mapeamento realizado, a área classificada como susceptibilidade "Muito Alta" corresponde a cerca de 6,2% da área total bacia hidrográfica. Quando as categorias "Alta" e "Muito Alta" são consideradas em conjunto, esse percentual aumenta para 8,3%.

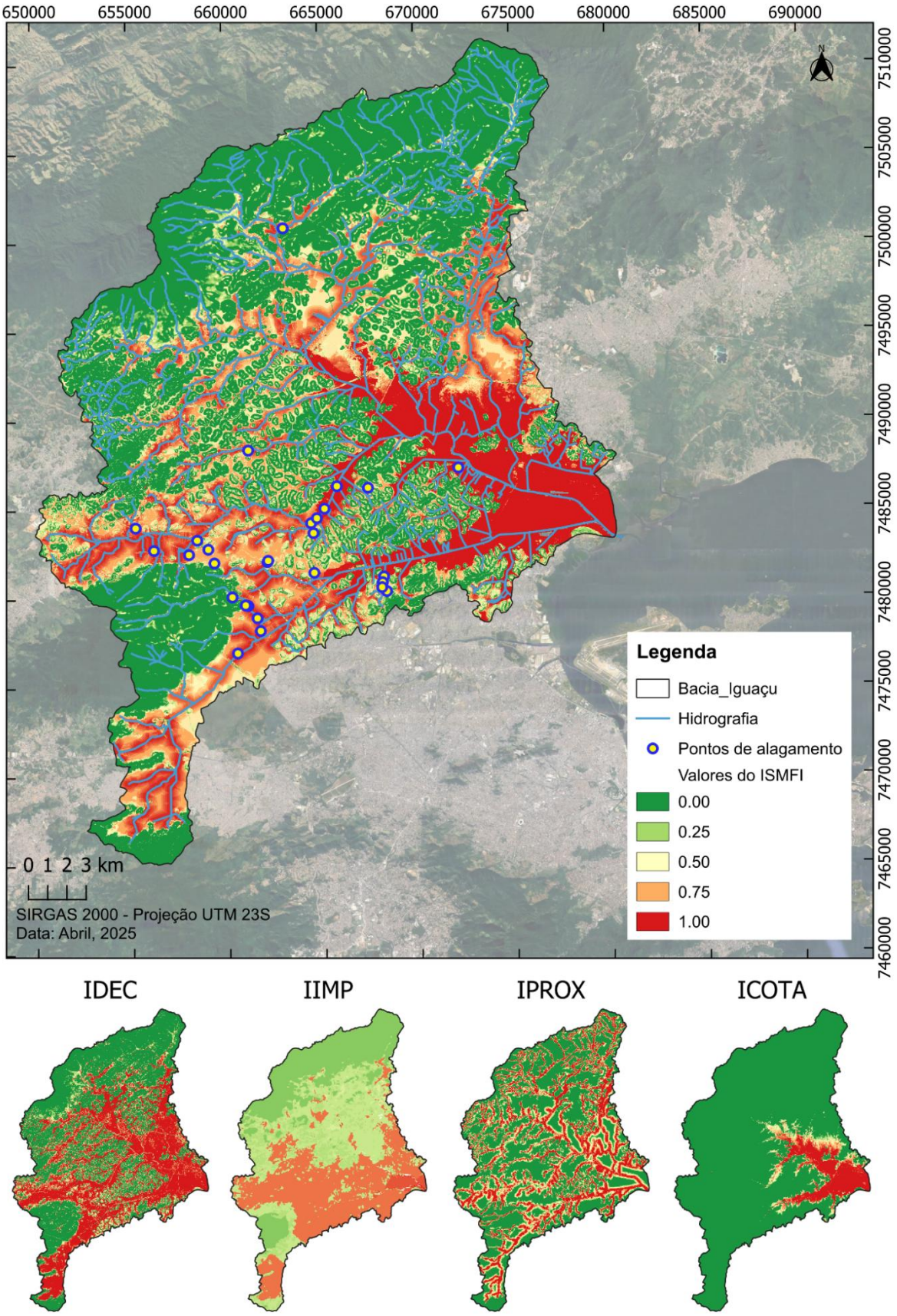

Figura 1 – Índice de susceptibilidade do meio físico a inundações e seus indicadores.
Fonte: Elaboração dos autores (2025).

5. CONCLUSÕES

O principal objetivo deste estudo foi desenvolver uma abordagem simplificada para a identificação de áreas suscetíveis a inundações, bem como de zonas de risco residual, etapa fundamental na análise de risco hidrológico, por meio do uso de ferramentas de mapeamento acessíveis. Embora o mapeamento apresentado não represente diretamente a ocorrência de eventos de inundação, ele constitui uma alternativa operacionalmente viável, por demandar dados e softwares de fácil obtenção.

Para fins de validação do produto cartográfico gerado, os resultados obtidos foram comparados com registros históricos de inundações. O ISMFI demonstrou boa correspondência com os eventos registrados, o que confere robustez à proposta metodológica. Uma vez validado, o mapa de susceptibilidade pode ser utilizado como base para análises complementares.

Considerando que o ambiente urbano construído altera significativamente os padrões naturais de escoamento superficial, tais modificações podem induzir a formação de novas áreas de alagamento, ao mesmo tempo em que conferem proteção a regiões anteriormente vulneráveis. Nesse contexto, o ISMFI permitirá a identificação de áreas que permanecem sob risco residual. Tal informação é de particular relevância para o planejamento urbano, permitindo subsidiar políticas públicas que evitem a intensificação da ocupação em zonas críticas e direcionem a implementação de estruturas temporárias de retenção de água em áreas ambientalmente sensíveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CABRAL, F. M. **Índice de risco potencial de inundações como ferramenta para o planejamento de áreas urbanas em expansão**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2024.

CRED. **EM-DAT.** Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, 2025. Disponível em: https://public.emdat.be/data. Acesso em: 01 jul. 2025.

KAZAKIS, N., IOANNIS K., PATSIALIS, T. Assessment of flood hazard areas at a regional scale using an index-based approach and Analytical Hierarchy Process: Application in Rhodope–Evros region, Greece. **Science of The Total Environment**, v. 538, p. 555–563, 2015.

KUMARI, K., KOLEY, T., DUTTA, T. Assessment of flood damage severity, economic growth dynamics and relief fund allocation in the districts of Bihar: A non-parametric approach. **International Journal of Disaster Risk Reduction,** v. 116, p. 105047.

LAC. **Estudo Especializado Para Modelagem De Cheias Urbanas Em Nova Iguaçu - RJ. Produto 2. Diagnóstico Qualitativo Das Inundações E Avaliação De Propostas De Projeto Existentes**, 2025a.

LAC. **Estudo Estratégico Para Recuperação Ambiental Do Sistema Lagunar Do Município De Maricá: Navegabilidade, Balneabilidade Costeira E Operação Urbana Consorciada**, 2025b.

MAGALHÃES, P. M. C., AMBACK, B. C., SOUSA M. M., VERÓL, A. P., FOTI, G., REZENDE, O. M., MINNITI, F. M., BARBARO, G., MIGUEZ, M. G. Flood Susceptibility Mapping to Support Urban Planning - Case Study of Reggio Calabria. *In:* **7th EMCEI**, 2025.

MIRANDA, F., FRANCO, A. B., REZENDE, O., DA COSTA, B. B. F., NAJJAR, M., HADDAD, A. N., MIGUEZ, M. A GIS-Based Index of Physical Susceptibility to Flooding as a Tool for Flood Risk Management. **Land**, v. 12, n. 7, p. 1408, 2023a.

MIRANDA, F. M., CABRAL, F. M., OLIVEIRA, A. K. B., TURINI, L. R., REZENDE, O. M., MIGUEZ, M. G. Mapeamento da susceptibilidade a inundações no município de Maricá-RJ. *In:* **III Encontro Nacional de Desastres – Eventos extremos e sociedade sob a perspectiva das mudanças climáticas, Niterói**. Anais do III END, Porto Alegre/RS: ABRHidro, 2023b.

MIRANDA, F. M. **Índice de Susceptibilidade do Meio Físico a Inundações como Ferramenta para o Planejamento Urbano**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2016.

RENTSCHLER, J., SALHAB, M., JAFINO, B. A. Flood exposure and poverty in 188 countries. **Nature communications**, v. 13, n. 1, p. 3527, 2022.

RODRÍGUEZ, J. P., MCINTYRE, N., DÍAZ-GRANADOS, M., QUIJANO, J. P., MAKSIMOVIĆ, Č. Monitoring and modelling to support wastewater system management in developing mega-cities. **Science of the Total Environment**, v. 445, p. 79-93, 2013.

SAYERS, P., YUANYUAN, L., GALLOWAY, G., PENNING-ROSWELL, E., FUXIN, S., KANG, W., YWEL, C., LE QUESNE, T. **Flood Risk Management: A Strategic Approach**. Paris: UNESCO, 2013.

SOLÍN, Ľ. Spatial variability in the flood vulnerability of urban areas in the headwater basins of Slovakia. **Journal of Flood Risk Management**, v. 5, n. 4, p. 303-320, 2012.

TEHRANY, M. S., LEE, M. J., PRADHAN, B., JEBUR, M. N., LEE, S. Flood susceptibility mapping using integrated bivariate and multivariate statistical models. **Environmental Earth Sciences**, v. 72, n. 10, p. 4001-4015, 2014.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à Cátedra UNESCO de Drenagem Urbana em Regiões de Baixadas Costeiras, estabelecida na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) [167721/2023-2]