



# **INOVAÇÃO NA PREVENÇÃO E RESPOSTA AOS DESASTRES CLIMÁTICOS: A MODELAGEM DA INFORMAÇÃO NA RESILIÊNCIA URBANA EM PORTO ALEGRE**

## ***INNOVATION IN PREVENTION AND RESPONSE TO CLIMATE DISASTERS: INFORMATION MODELING IN URBAN RESILIENCE IN PORTO ALEGRE***

SILVA, Felipe Gustavo<sup>1</sup>,  
NEMER, Luciana<sup>2</sup>,  
COSTA, Mariana de Melo<sup>3</sup>.

### **1 Introdução**

O crescimento acelerado das cidades e as mudanças climáticas intensificam os desafios para a gestão urbana em contextos de desastres ambientais. Episódios como as enchentes de Porto Alegre em 2024 evidenciam a necessidade de soluções integradas que combinem resiliência urbana com tecnologias de modelagem e visualização gráfica, como o *City Information Modeling* (CIM), para aprimorar a análise e facilitar a comunicação de riscos em tempo real.

Este trabalho busca explorar o potencial das ferramentas digitais como aliadas no planejamento e gestão de desastres, investigando como essas tecnologias podem transformar a percepção espacial e fortalecer a tomada de decisões.

A pesquisa adota revisão bibliográfica, estudo de casos e análise comparativa, com base em fontes secundárias. O objetivo é estimular uma reflexão sobre a necessidade de integrar tecnologia e gestão urbana para antecipar riscos, especialmente em um contexto de degradação ambiental impulsionada pelos atuais padrões de consumo e produção. O trabalho parte da comparação entre Porto

---

<sup>1</sup> Universidade Federal Fluminense – UFF; ORCID 0000-0001-6470-1760; felipegustavo@outlook.com

<sup>2</sup> Universidade Federal Fluminense – UFF; ORCID 0000-0003-0106-3292; luciananemerдинiz@gmail.com

<sup>3</sup> Universidade Federal Fluminense – UFF; ORCID 0000-0002-8812-4854; marianamelocosta@id.uff.br

Alegre, Veneza e Helsinque ilustrando como a modelagem gráfica pode ser aplicada para antecipar eventos extremos e embasar políticas públicas mais adaptativas.

A proposta é questionar se as tecnologias gráficas podem reconfigurar a maneira como planejamos as cidades, promovendo uma visão sistêmica que valorize tanto a preservação ambiental quanto a proteção das populações vulneráveis. Os resultados esperados buscam demonstrar as possibilidades da modelagem digital para prever cenários críticos e incentivar a adoção de políticas mais orientadas à resiliência das cidades.

## **2 Gestão Urbana e Resiliência em Cidades Frente aos Desastres Naturais**

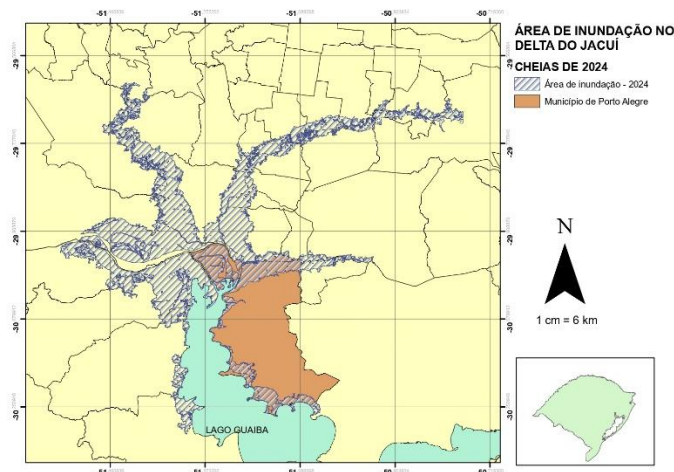
O aumento da frequência e da gravidade dos desastres naturais impõe desafios cada vez maiores à gestão das cidades. As respostas para mitigar esses impactos são diversas e envolvem fatores políticos, sociais e econômicos, exigindo avanços científicos e organizacionais para fortalecer a capacidade de adaptação dos espaços urbanos.

Rosoni (2020) argumenta que a adaptação não se limita à sobrevivência, mas está diretamente relacionada à resiliência, entendida como a capacidade de absorver impactos e se reconfigurar. Yunes (2003) complementa essa visão ao definir a resiliência como um processo de superação de crises. Para Büyüközkan et al. (2021), a resiliência urbana é fundamental na preparação das cidades para eventos inesperados, pois envolve não apenas a resposta imediata, mas também a adaptação contínua às transformações do meio urbano.

## **3 Os impactos da inundação de 2024 em Porto Alegre**

Ao longo de sua existência, Porto Alegre teve uma relação tensa com o lago Guaíba. A cidade enfrentou recorrentes cheias decorrentes da vulnerabilidade da região às variações fluviais do sistema hidrográfico do delta do Jacuí (Devos, 2007). Essas inundações, geralmente associadas a períodos de chuvas intensas e fluxos elevados nos rios, revelam padrões hidrológicos críticos que desafiaram as estratégias adotadas pela cidade. O mapa destaca as regiões afetadas em Porto Alegre, evidenciando a relação entre o sistema hidrográfico e os eventos extremos.

**Figura 1** - Área de inundação no Delta do Jacuí durante as cheias de 2024



Fonte: dos autores.

A enchente de 2024 evidenciou as fragilidades no sistema de contenção de inundações, que mesmo com a presença do Muro da Mauá, deixou 85 mortos, segundo boletim da Defesa Civil. As autoridades contabilizaram 339 feridos, 134 desaparecidos, e mais de 201 mil pessoas estavam fora de casa, sendo 153.824 desalojados e 47.676 em abrigos públicos. As chuvas, que provocaram inundações na maior parte do Rio Grande do Sul, colocaram 390 municípios em emergência.

#### 4 O Papel do CIM na Construção da Resiliência Urbana

O *City Information Modeling* (CIM) é um procedimento metodológico digital que permite a criação de representações dinâmicas do ambiente urbano, reunindo dados espaciais, infraestrutura, transporte, uso do solo e variáveis ambientais. A abordagem possibilita uma compreensão mais ampla das cidades e auxilia no planejamento e na gestão de suas transformações (Lu et al., 2020). O CIM é uma evolução do *Building Information Modeling* (BIM), que se concentra na escala dos edifícios, ampliando essa lógica para o território urbano, permitindo uma visão integrada dos sistemas que compõem a cidade.

A associação entre CIM e Sistemas de Informação Geográfica (GIS) aprimora a visualização e análise espacial, tornando possível o cruzamento de múltiplas camadas de informação para embasar decisões estratégicas (Lopes, 2019). A convergência tecnológica possibilita a construção de gêmeos digitais urbanos, modelos tridimensionais interativos que reproduzem a dinâmica das cidades e auxiliam na gestão de infraestrutura, na simulação de riscos ambientais e na formulação de políticas urbanas mais eficientes.

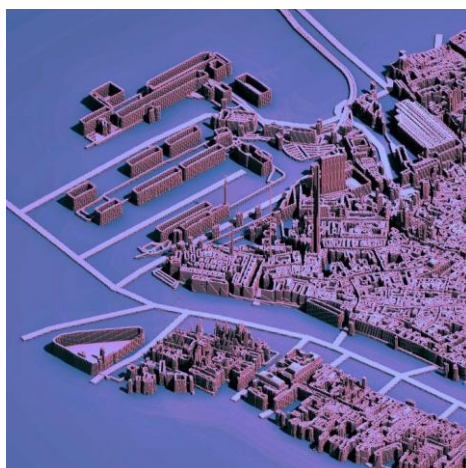
Ao incorporar ferramentas gráficas e modelagens computacionais, o CIM potencializa a capacidade de antecipação de cenários críticos, tornando-se um recurso essencial para fortalecer a resiliência urbana. A aplicação na mitigação de desastres naturais permite mapear vulnerabilidades, otimizar respostas emergenciais e orientar intervenções urbanísticas, contribuindo para cidades mais preparadas frente a desafios climáticos e estruturais.

## **5 Lições internacionais de Gestão das Cidades por meio de tecnologias**

O uso de tecnologias digitais tem sido observado em cidades ao redor do mundo como estratégia para otimizar a gestão urbana e enfrentar desafios ambientais. Em Veneza, por exemplo, a combinação de CIM, GIS, BIM, mapeamento digital e gêmeos digitais desempenha um papel essencial no enfrentamento de questões como mudanças climáticas, subsidência do solo e na operação do sistema MOSE, projetado para proteger a cidade contra inundações (Galeazzo, 2023).

O *Digital Twin* (DT) desempenha um papel central nessa estratégia, funcionando como uma representação virtual da cidade e reunindo dados de múltiplas fontes para monitoramento, previsão e gerenciamento de sistemas urbanos complexos (Villani, 2025). O aumento do uso desse sistema, observados desde 2023, ressalta os desafios da infraestrutura urbana diante das mudanças climáticas (Maggi, 2024).

**Figura 2** - Gêmeo Digital da cidade de Veneza

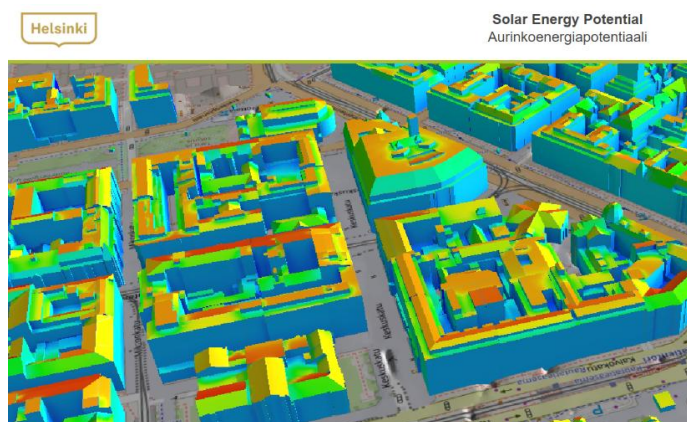


Fonte: Extract Project, 2025. Disponível em: <https://extract-project.eu/>. Acesso em: 12 jan. 2025.

Outro exemplo relevante é o projeto Helsinki 3D+, implementado em Helsinque, Finlândia, com um investimento de 1 milhão de euros. A iniciativa visou criar modelos tridimensionais detalhados da cidade por meio de tecnologias avançadas de captura de dados (Xu et al., 2021).

Os modelos desenvolvidos no projeto compreendem em uma malha 3D de alta qualidade visual, voltada para visualização em navegadores e dispositivos móveis, e um modelo semântico baseado em CityGML, que permite análises, como estimativas de consumo energético, emissões de gases de efeito estufa e impactos ambientais do tráfego (Xu et al., 2021).

**Figura 3** - Área de inundação no Delta do Jacuí durante as cheias de 2024



Fonte: Cidade de Helsinque. Disponível em: <https://www.hel.fi/>. Acesso em: 20 jan.2025.

O Helsinki 3D+ se destaca pela abordagem participativa, incentivando os cidadãos a contribuir com dados e utilizá-los. O projeto inclui iniciativas como o *Minecraft Helsinki*, que envolve o público jovem na modelagem da cidade, além de parques virtuais 3D, ferramentas de análise urbana, plataformas de engajamento comunitário e modelos de simulação energética em parceria com a Universidade Técnica de Munique (Geoweeek News, 2021).

## **6 Análise Comparativa de Casos e Potenciais Futuros em Sinergia com CIM**

A adoção de tecnologias utilizadas em Veneza e Helsinque poderia representar um avanço significativo para a gestão urbana em Porto Alegre, especialmente no enfrentamento das inundações e da deterioração da infraestrutura urbana.

A implementação de um DT para monitoramento do Lago Guaíba e do Rio JacuÍ possibilitaria uma previsão mais precisa das inundações e a otimização dos sistemas de drenagem. Ao integrar sensores *Internet of Things* (IoT) - Internet das Coisas, imagens de satélite e dados históricos, seria possível antecipar eventos climáticos extremos, direcionando ações preventivas para áreas mais vulneráveis.

A modelagem tridimensional por meio do *Heritage Building Information Modeling* (HBIM) facilitaria o acompanhamento da integridade estrutural de edifícios históricos expostos a inundações recorrentes, permitindo que intervenções fossem planejadas de forma compatível com a paisagem urbana. A aplicação de GIS auxiliaria no mapeamento das áreas de maior risco, viabilizando a identificação de pontos críticos e orientando soluções como a ampliação da drenagem e a criação de zonas de amortecimento.

A construção de modelos 3D urbanos também contribuiria para simular o impacto de novas infraestruturas de drenagem e avaliar a eficácia de medidas de adaptação climática. Além disso, a experiência de Helsinque com CIM demonstra o potencial dessas ferramentas para aprimorar a qualidade de vida da população, especialmente ao integrar modelagem urbana com políticas de saúde, habitação e segurança. Ao aplicar esse conceito a Porto Alegre permitiria identificar áreas com déficit de infraestrutura e orientar políticas públicas voltadas à equidade social, como melhorias habitacionais e ampliação do acesso a serviços essenciais.

A adoção de práticas baseadas em dados abertos e participação cidadã, como ocorre em Helsinque, poderia fortalecer as estratégias de planejamento urbano de

Porto Alegre, tornando as decisões mais acessíveis e alinhadas às necessidades reais da população.

## 7 Considerações Finais

A análise de experiências internacionais, como as implementadas em Veneza e Helsinque, evidencia o papel estratégico de tecnologias como CIM, BIM e GIS na prevenção e mitigação de riscos urbanos. A integração dessas ferramentas na gestão territorial aprimora a resposta a desastres e fortalece a adaptação das cidades às transformações ambientais e sociais.

A aplicação dessas abordagens no contexto brasileiro, especialmente em Porto Alegre, pode gerar avanços significativos, desde a redução dos impactos socioeconômicos das inundações até o aprimoramento da infraestrutura urbana e da equidade no acesso a serviços essenciais. No entanto, para que essas soluções sejam efetivas, é necessário um novo paradigma na gestão urbana, no qual a resiliência seja concebida como um processo dinâmico, baseado na articulação entre tecnologia, planejamento integrado e participação social.

Ao associar modelagem digital e representação gráfica à formulação de políticas públicas, torna-se possível antecipar cenários de risco e melhorar a comunicação de dados técnicos e democratizar o acesso à informação, ampliando o engajamento da sociedade na construção de cidades mais preparadas para os desafios do século XXI.

## Referências

BÜYÜKÖZKAN, G. et al. A review of urban resilience literature. **Sustainable Cities and Society**, v. 77, p. 103579, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103579>. Acesso em: 18 jan. 2025.

DEVOS, R. **A “questão ambiental” sob a ótica da antropologia dos grupos urbanos, nas ilhas do Parque Estadual Delta do Jacuí, Bairro Arquipélago, Porto Alegre, RS**. Tese (Doutorado em Antropologia Social), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

GALEAZZO, Ludovica et al. **A geospatial and time-based reconstruction of the Venetian Lagoon in a 3D web semantic infrastructure**. CEUR Workshop Proceedings, 2023. Disponível em: <http://ceur-ws.org>. Acesso em: 24 jan. 2025.

GEOWEEK NEWS. **City model of the future: Helsinki 3D+**, 22 fev. 2017. Disponível em: <https://www.geoweeknews.com/>. Acesso em: 24 jan. 2025.

- LOPES, Tiago Rocha. Modelagem de Informação da Cidade (CIM) e suas potencialidades para gestão da manutenção urbana de Curitiba. **Revista arq.urb.** N.25, 2019. Disponível em: <https://www.revistaarqurb.com.br/arqurb/article/view/18>. Acesso em: 15 jan. 2025.
- LU, Xinzhen et al. CIM-powered multi-hazard simulation framework covering both individual buildings and urban areas. **Sustainability**, v. 12, n. 12, p. 5059, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su12125059>. Acesso em: 25 jan. 2025.
- MAGGI, Bruno. Living and adapting to climate change in coastal areas. A case study on citizens' perception of an infrastructure: the MOSE in Venice. **The Egyptian Journal of Environmental Change**, v.16, 2020.
- ROSONI, Marcus. **Aumentando a sua capacidade de adaptação**, 2020. Disponível em: <https://ofuturodascoisas.com>. Acesso em 13 jan. 2025.
- VILLANI, L. et al. Digital Twin Framework to Improve Urban Sustainability and Resiliency: The Case Study of Venice. **Land**, p. 83, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/land14010083>. Acesso em: 16 jan. 2025.
- XU, Zhen et al. City information modeling: state of the art. **Applied Sciences**, v. 11, n. 19, p. 9333, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app11199333>. Acesso em: 24 jan. 2025.
- YUNES, Maria A. Psicologia positiva e resiliência: o foco no indivíduo e na família. **Psicologia em Estudo**, v. 8, p. 75-84, 2003.