

MAPEAMENTO DO RISCO DO NEXO CHEIA-SANEAMENTO E SAÚDE PÚBLICA PARA DIFERENTES TEMPOS DE RETORNO NA CIDADE DE SÃO PAULO - SP

Weverton William Pinto¹ (IC) & Marina Batalini de Macedo⁴ (PQ).
Universidade Federal de Itajubá.

Palavras-chave: Áreas de risco, vulnerabilidade, inundação.

Introdução

Os eventos extremos de precipitação é o principal desastre natural que ocorre na cidade de São Paulo, causando prejuízos para a economia, para a saúde e bem estar da população e para as infraestruturas urbanas, como rede viária, sanitária, e prédios de serviços públicos. Estes eventos tendem a se tornar cada vez mais frequentes, de acordo com as previsões do IPCC no AR6, onde apresenta-se os resultados para os cenários futuros de mudanças climáticas (IPCC, 2021). Os métodos de downscaling estatístico para a região da América do Sul também mostram esse padrão (Chou et al. 2014)

Dessa forma, como parte do planejamento de ações para reduzir o impacto dos eventos extremos de precipitação, é importante elencar os lugares mais expostos à ocorrência de inundações e alagamentos, de forma a se ter ações focadas que possam reduzir esta exposição. Para tal, é possível utilizar modelos de inundação e alagamento.

Existe uma grande variedade de modelos que podem ser aplicados, desde modelos baseados em processos físicos hidrodinâmicos, como o HEC-RAS, modelos baseados em inteligência artificial, como as redes neurais e o LSTM, modelos baseados em distribuição de chuva por célula automática, como o CADDIES, e preditores de nível, como o HAND. Cada um destes modelos possuem particularidades em relação aos processos envolvidos a forma de se realizar as simulações, de forma que é possível se obter resultados diferentes pela utilização de cada um deles. Assim, torna-se necessário entender a sua aplicabilidade para diferentes casos. Um dos grandes desafios existentes na modelagem de alagamentos e inundações (também chamada de modelagem 2D), é a ausência de dados monitorados for a da calha do rio para realizar a calibração e validação do modelo.

Apesar das suas diferenças, em geral os modelos necessitam no mínimo como dados de entrada o modelo digital de elevação ou de terreno da bacia

analisada e a precipitação a ser avaliada. Assim, a partir de diferentes eventos de precipitação de entrada, é possível avaliar o nível de exposição aos alagamentos e cheias para diferentes comportamentos das chuvas, diferentes tempos de retorno e diferentes cenários (como considerando mudanças climáticas).

Neste trabalho, a princípio se objetivou realizar uma comparação dos diferentes modelos de inundação e alagamento existentes na literatura. No entanto, devido à problemas técnicos de disponibilidade de computadores que fossem capazes de rodar toda a gama de modelos e a falta de dados monitorados para avaliar a performance dos diferentes modelos em termos de acurácia, optou-se por focar em apenas um modelo, o CADDIES, para avaliação de diferentes cenários de chuvas na cidade de São Paulo, de forma a determinar áreas prioritárias de intervenção.

Metodologia

Inicialmente, foi realizada uma comparação das áreas inundadas entre o período atual e o período futuro. Para isso, coletaram-se dados de chuvas com durações de 30 e 120 minutos na Bacia Hidrográfica do Aricanduva. Com esses dados, foram elaborados gráficos de Tempos de Retorno (TR) de 5, 10, 25 e 50 anos, que representam o volume de chuvas na região (Figuras 1 e 2).

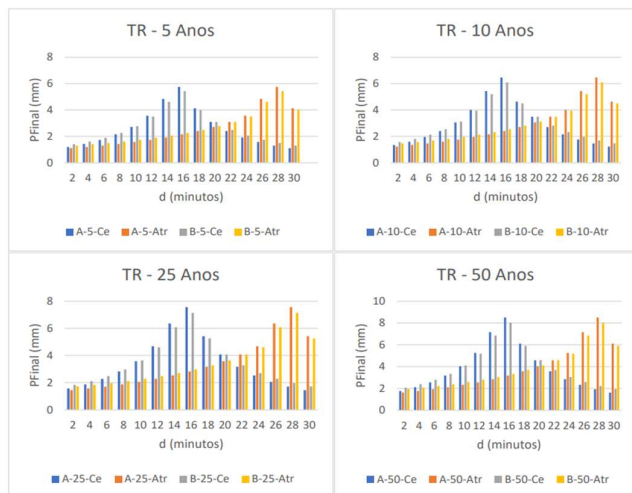


Figura 1 – Chuvas de Projeto Atual – 30 minutos.

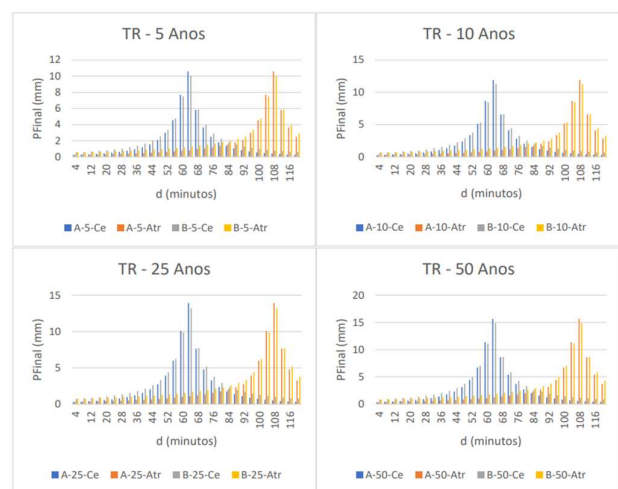


Figura 2 – Chuvas de Projeto Atual – 120 minutos.

Resultados e discussão

Posteriormente, foram criados mapas utilizando o software QGIS, empregando a função de calculadora de Raster para calcular o Desvio Padrão, utilizado na análise estatística dos dados e na avaliação da dispersão de valores na camada raster.

Os mapas resultantes revelam as áreas vulneráveis às inundações em diferentes períodos de chuva e Tempos de Retorno. A comparação dos mapas indica que as regiões periféricas, bem como as áreas sul e leste da cidade, são consistentemente afetadas. Essas áreas, densamente povoadas, abrigam as principais infraestruturas de abastecimento e esgotamento da cidade, conforme

evidenciado nos mapas. Esses fatores indicam que essas regiões são particularmente vulneráveis aos três elementos estudados, devido à infraestrutura urbana inadequada, fragilidade social e econômica, além de predominarem moradias de baixa renda. Como resultado, as inundações aumentam os riscos de disseminação de doenças e o aumento da mortalidade entre a população.

Embora áreas com baixo ou nenhum risco sejam identificadas (conforme evidenciado pelos tons verdes nos mapas), é importante ressaltar que a extensão e a dispersão das áreas de inundação podem ser maiores em eventos de chuva mais intensa ou em cenários de rápido desenvolvimento urbano descontrolado, acúmulo de resíduos nas ruas e chuvas intensas em curtos intervalos de tempo.

Finalmente, observa-se que as estações de tratamento de água e esgoto, bem como os pontos de captação de água e algumas tubulações de abastecimento da cidade, estão localizados em áreas propensas a inundações. A identificação desses pontos de risco é crucial para a implementação de medidas de gestão de riscos. Uma análise mais detalhada dos aspectos de vulnerabilidade, exposição e valor do risco mencionados no artigo pode auxiliar na identificação de problemas e contribuir para a implementação eficaz de ações corretivas e preventivas.

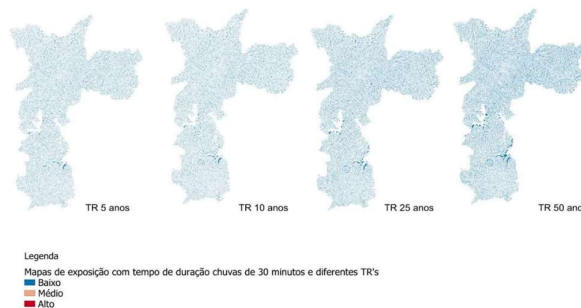


Figura 3 – Mapas de exposição com tempo de duração da chuva de 30 minutos e diferentes TR's para o período Atual.

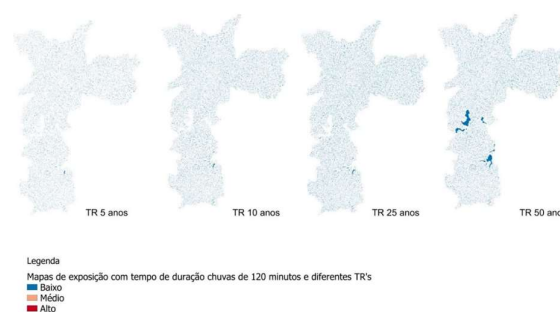


Figura 4 – Mapas de exposição com tempo de duração da chuva de 120 minutos e diferentes TR's para o período

Atual.

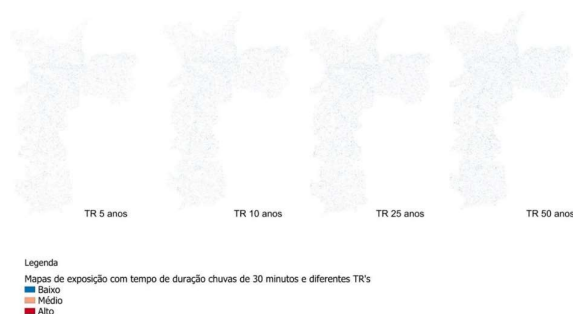


Figura 5 – Mapas de exposição com tempo de duração da chuva de 30 minutos e diferentes TR's para o período Futuro

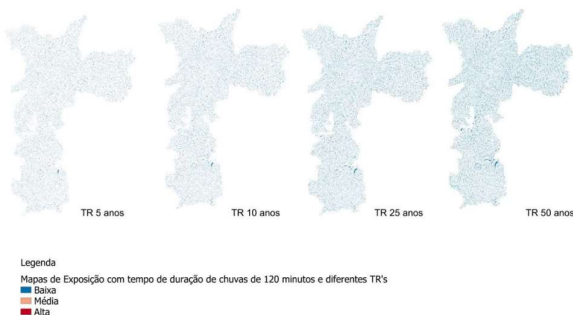


Figura 6 – Mapas de exposição com tempo de duração da chuva de 120 minutos e diferentes TR's para o período Futuro

Conclusões

Os mapas de risco que consideram a interação entre inundações, saneamento e saúde pública proporcionam insights fundamentais para a análise das áreas vulneráveis em São Paulo. Essas representações cartográficas possibilitaram uma avaliação criteriosa das infraestruturas existentes relacionadas ao saneamento da cidade, abrangendo estações de tratamento de água e efluentes, adutoras e pontos de captação de água da superfície. Essa análise não apenas permite uma compreensão mais profunda das áreas de maior vulnerabilidade, mas também serve como base essencial para o desenvolvimento de estratégias preventivas e corretivas. O objetivo final é salvaguardar a saúde pública, mitigando os impactos das inundações e contribuindo para a construção de uma cidade mais resiliente e preparada para os desafios climáticos futuros.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), por meio de sua bolsa de Iniciação Científica, que nos proporcionou as condições necessárias para o desenvolvimento do projeto. À Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) pela infraestrutura disponibilizada, ao nosso instituto de recursos naturais afiliado e à orientadora, Professora Doutora Marina Batalini de Macedo, que nos auxiliou e incentivou durante todo o projeto.

Referências

FREER, J.E.; GELFAN, A.; GUPTA, H.V.; HUGHES, D.A.; HUT, R.W.; MONTANARI, A.; PANDE, S.; TETZLAFF, D.; TROCH, P.A.; UHLENBROOK, S.; WAGENER, T.; WINSEMIUS, H.C.; WOODS, R.A.; ZEHE, E.; CUDENNEC, C. (2013). "A decade of Predictions in Ungauged Basins (PUB)—a review". *Hydrological Sciences Journal*, 58 (6), pp. 1198 – 1255.

MACEDO, M.B.; MENDIONDO, E.M.; RAZZOLINI, M.T.P.; GOEL, N.K.; KURIAN, M.; NARDOCCI, A.C. (2022). "Risk Analysis of Water-Sanitation-Public Health Nexus Facing Flood Events in a Brazilian Megacity" in *Anais do IWA World Water Congress & Exhibition*, Copenhagen, Denmark, Set. 2022, pp. 11-15.

MACEDO, M.B.; MENDIONDO, E.M.; RAZZOLINI, M.T.P.; NARDOCCI, A.C. (2021). "Estrutura de avaliação do risco de infraestrutura de saneamento frente a eventos de inundação em centros urbanos". In *Anais do XXIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Belo Horizonte, Minas Gerais, nov. 2021.

SINGH, N.; DEVI, T. (2022). "Regionalization methods in ungauged catchments for flow prediction: review and its recent developments". *Arabian Journal of Geosciences* 15 (1019).

HAND MODEL: Height Above the Nearest Drainage. Versão: 0.8.1. Nobre et al., 2011. Disponível em: <http://handmodel.ccst.inpe.br/?page_id=307>

CADDIES: Caflood Application. Versão: 110. Michele Guidolin, Albert S. Chen, Nicola Pasquale, 2015. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/25726668.2022.2143645>>.

HEC-RAS: River Analysis System. Versão: 5.0. Gary W. Brunner, CEIWR-HEC, 2016. Disponível em <<https://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/documentation/HEC-RAS%205.0%20Users%20Manual.pdf>>

CHOU, S.C, LYRA, A. , MOURÃO, C. , DEREZYNSKI, C. , PILOTTO, I. , GOMES, J. , BUSTAMANTE, J. , TAVARES, P. , SILVA, A. , RODRIGUES, D. , CAMPOS, D. , CHAGAS, D. , SUEIRO, G. , SIQUEIRA, G.; MARENCO, J.

Assessment of Climate Change over South America under RCP 4.5 and 8.5 Downscaling Scenarios. American Journal of Climate Change, v.3, p.512-527, 2014b.

IPCC: Climate Change 2021: The Physical Science Basis