VALIDAÇÃO DE MODELOS HIDROLÓGICOS ATRAVÉS DE DADOS INDEPENDENTES

Marcel Fantin [1], Matheus Augusto de Souza [2], Marina Pannunzio Ribeiro [3], Gabriel Baquero Teixeira da Rocha [4], Edimilson Rodrigues dos Santos Junior [5], Marcos Roberto Martines [6], Eduardo Felix Justiniano [7], Isabella Alho [8], Patricia Maissa Ferragoni da Cruz [9], Rossana Alcântara [10], Rúbia Gomes Morato [11]

[1]IAU-USP, Av. Trabalhador São-Carlense, 400 – São Carlos - SP, mfantin@sc.usp.br; [2] EESC-USP, idem endereço 1, matheusaugustte@usp.br; [3] UFSCar, Rodovia João Leme dos Santos (SP-264), km 110, Sorocaba - SP, marinapr@estudante.ufscar.br; [4] idem endereço 1, gabriel.baquero.rocha@usp.br; [5] idem endereço 1, edimilson.rodrigues.santos@usp.br; [6] idem endereço 2, mmartines@ufscar.br; [7] FFLCH-USP, Av. Prof. Lineu Prestes, 338, Cidade Universitária, São Paulo - SP, e.justiniano@usp.br; [8] Instituto Polis; R. Araújo, 124 - Vila Buarque, São Paulo - SP, isabella.alho@polis.org.br; [9] IAU-USP, idem endereço 1, patriciaferragoni@gmail.com; [10] EA-UFBA, Av. Reitor Miguel Calmon, s/n, Vale do Canela, Salvador – BA, ros.alcantara@gmail.com; [11] FFLCH-USP - Av. Prof. Lineu Prestes, 338, Cidade Universitária, São Paulo - SP, rubiagm@usp.br.

RESUMO

Os municípios brasileiros enfrentam grandes desafios com eventos hidrológicos extremos, que provocam catástrofes sócio-ambientais. No Brasil, dados alternativos, como informações de jornais e mídias sociais, são uma solução viável para validar modelos hidrológicos. Os jornais têm vantagens substanciais por fornecerem informações contínuas e confiáveis, especialmente sobre desastres de pequena e média escala. Este artigo visa criar um banco de dados confiável sobre desastres hidrológicos ocorridos em Diadema (SP) entre janeiro de 2019 e agosto de 2024, com base em arquivos jornalísticos. Os resultados subsidiarão a modelagem sócio-hidrológica e a elaboração de um Plano de Ação Climática para Diadema, SP, além da proposta de indicadores anuais de monitoramento, conforme projeto 2023/10076-6 aprovado pela FAPESP e Chamada Universal CNPq 421592/2023-0.

Palavras-chave — Modelos hidrológicos, Mudanças climáticas, Resiliência urbana, Manchas de inundação, UrbVerde.

Abstract

Brazilian municipalities face significant challenges with extreme hydrological events, which cause socio-environmental catastrophes. In Brazil, alternative data, such as information from newspapers and social media, are a viable solution to validate hydrological models. Newspapers have substantial advantages in providing continuous and reliable information, especially on small and medium-scale disasters. This article aims to create a reliable database on hydrological disasters that occurred in Diadema (SP) between January 2019 and August 2024. The results will support socio-hydrological modeling and the elaboration of a Climate Action Plan for Diadema, SP, in addition to the proposal of annual monitoring indicators, according to project 2023/10076-6 approved by FAPESP and Universal Call CNPq 421592/2023-0.

Key words — *Hydrological models, Climate change, Urban resilience, Flood spots, UrbVerde.*

1. INTRODUÇÃO

Os municípios brasileiros apresentam grandes desafios com destaque aos fenômenos hidrológicos responsáveis por diversas catástrofes sócio-ambientais à medida que os eventos tornam-se cada vez mais extremos e frequentes [1]. No entanto, há limitação ou baixa qualidade dos dados provenientes das estações de monitoramento de bacias no mundo todo [2]. No Brasil a situação não é diferente [3], assim, a busca de dados alternativos, como por exemplo, dados independentes provenientes de veículos jornalísticos e mídias sociais surgem como uma opção viável para a validação de modelos hidrológicos [4].

Os jornais têm vantagens substanciais sobre outras fontes de dados de desastres [5]. Em primeiro lugar, fornecem informações contínuas e quase completas sobre desastres por um amplo intervalo de tempo e, em segundo lugar, seus dados são relativamente confiáveis [6], e por fim, podem fornecer também mais detalhes sobre desastres hidrológicos de pequena e média escala [7]. Os arquivos de jornais são, portanto, considerados uma fonte de dados crítica para a análise de desastres naturais, especialmente para estudos em escala local e regional [8].

Neste sentido, o objetivo deste artigo foi desenvolver um banco de dados confiável de desastres hidrológicos ocorridos no município de Diadema, São Paulo, entre os meses de janeiro de 2019 e agosto de 2024 com base em arquivos de jornais. Os resultados deste trabalho contribuirão para a modelagem sócio-hidrológica e a elaboração de um Plano de Ação Climática para Diadema, SP, além da proposição de indicadores anuais de monitoramento. Essas ações estão alinhadas ao projeto 2023/10076-6, aprovado pelo Programa de Pesquisa em Políticas Públicas da FAPESP, intitulado "Urbverde: Políticas Públicas para Qualificação Territorial Orientada à Adaptação Climática e Redução das Desigualdades", e também à Chamada Universal CNPq (Processo: 421592/2023-0).

2. MATERIAL E MÉTODOS

O município de Diadema, São Paulo (Figura 1), foi selecionado através de diversas considerações, com destaque para: recorrência de danos à comunidade urbana devido eventos hidrológicos – enchentes, inundações, alagamentos e pertencimento do município à Metrópole de São Paulo.

O município de Diadema pertence à região metropolitana de São Paulo e possui uma população de 393.237 pessoas [9]. A mancha urbana do município apresenta expansão acentuada desde o período industrial, o que contribuiu para o aumento da densidade demográfica devido ao território limitado e desenvolvimento de regiões periféricas relacionadas aos grupos mais vulneráveis em caráter socioeconômico [10].

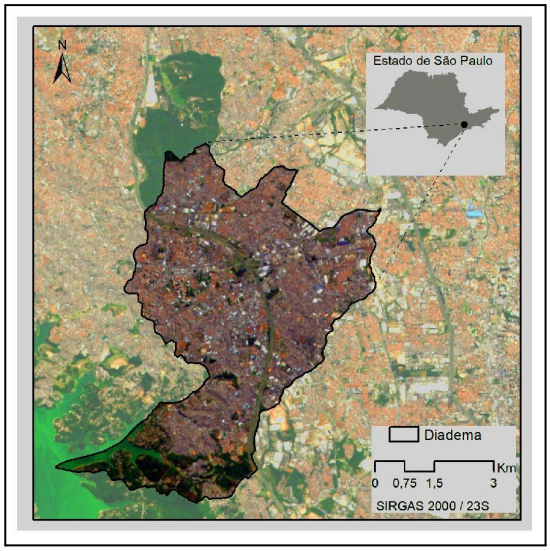


Figura 1. Município de Diadema, Estado de São Paulo, Brasil. Multibanda colorida: Banda 1(Vermelho), Banda 2(Verde) e Banda 3(Azul) da imagem de satélite CBERS - 4A de agosto de 2024.

Durante a busca de pontos e manchas de inundação ocorridos no município de Diadema, houveram diversos desafios relacionados aos bancos de dados gerenciados pelos veículos jornalísticos e mídias sociais com destaque para: falhas contínuas dos mecanismos de busca, altos índices de dispersão e aleatoriedade dos resultados, entre outros. Desse modo, classificou-se as fontes jornalísticas e mídias sociais através de seu desempenho em critérios de interesse - funcionamento do mecanismo de busca, extensão do banco de dados, grau de dispersão e aleatoriedade dos resultados, etc. Buscou-se a identificação e a classificação das fontes jornalísticas mais adequadas à extração de informações para composição do banco de dados.

Assim, a mineração dos dados de ocorrência de inundação envolveu buscas em veículos jornalísticos confiáveis através das palavras-chave: enchentes, inundações, alagamentos.

Na etapa seguinte os pontos e manchas de inundação foram georreferenciados através do software *Google Earth Pro*, assim os arquivos foram desenvolvidos em formato KML e KMZ. Em seguida, os arquivos foram adicionados ao software QGIS e convertidos ao formato shapefile (SHP).

Utilizou-se um modelo digital de elevação (MDE), adquirido através da instituição USGS – *United States Geological Survey* (publicado em 23/09/2014), para gerar os mapas de altimetria e declividade.

Os dados de pontos e manchas de inundação oriundos dos jornais foram sobrepostos aos mapas de altimetria e declividade e a ferramenta estatística do ArcGIS, Estatística Zonal, foi utilizada para que uma estatística para cada ponto e mancha seja definida com base em valores dos dados de altimetria e declividade.

Assim, avaliações da média, valores máximos e mínimos, desvio padrão e coeficiente de variação (%) dos pontos amostrais, além do recurso gráfico *boxplot* para visualização, foram realizados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Encontrou-se nove (9) pontos e 39 manchas de inundação nos jornais Diário do Grande ABC, Repórter Diário e Folha de São Paulo que ocorreram entre os meses de janeiro de 2019 e agosto de 2024 (Figura 2). Identificou-se que a maioria dos registros ocorreram no verão, contudo, sete (7) ocorrências (14,58%) não foram registradas durante esse período. No período correspondente às chuvas de verão aumenta-se consideravelmente a vazão pluvial, bem como o risco de enchentes, alagamentos, inundações e deslizamentos de encostas, com consequentes transtornos à população [1]. Com isso, é mandatório que o Poder Público Municipal estabeleça um plano preventivo para o gerenciamento de riscos associados ao período crítico de pluviosidade na cidade.

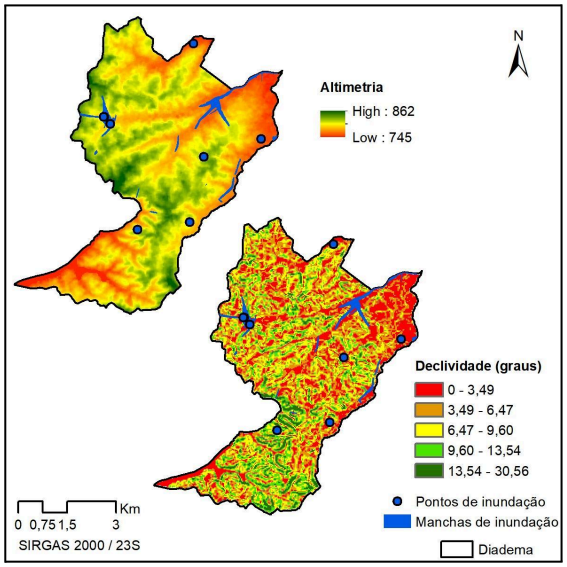


Figura 2. Sobreposição de pontos e manchas de inundação identificados entre janeiro de 2019 e agosto de 2024 nos mapas de altimetria e declividade em Diadema, São Paulo.

Observou-se que, os dados identificados apresentam predominância em altimetrias entre 761 e 799,37 metros e declividades entre 2,52 e 5,64 graus (Figura 3). Dessa forma, considera-se que os pontos e áreas de inundação identificados por meio dos jornais são confiáveis, dada as baixas altitudes e declividades observadas. Contudo, alguns pontos e manchas ainda devem ser revisados, visto que alcançaram valores de declividade máxima de 14,26 graus e altimetria de 818 metros (Tabela 1). Ainda assim, a metodologia apresentada pode contribuir para a validação de modelos hidrológicos, além de permitir o desenvolvimento da ampliação do banco de dados, favorecendo estudos futuros comparativos mais amplos.

	Altimetria (m)	Declividade (graus)
Média	781,56	4,54
Valor máximo	818,00	14,26
Valor mínimo	751,00	1,22
Desvio Padrão	21,25	2,93
Coeficiente de Variação (%)	2,72	64,47

Tabela 1. Análise estatística da geomorfologia apresentada pelos dados identificados.

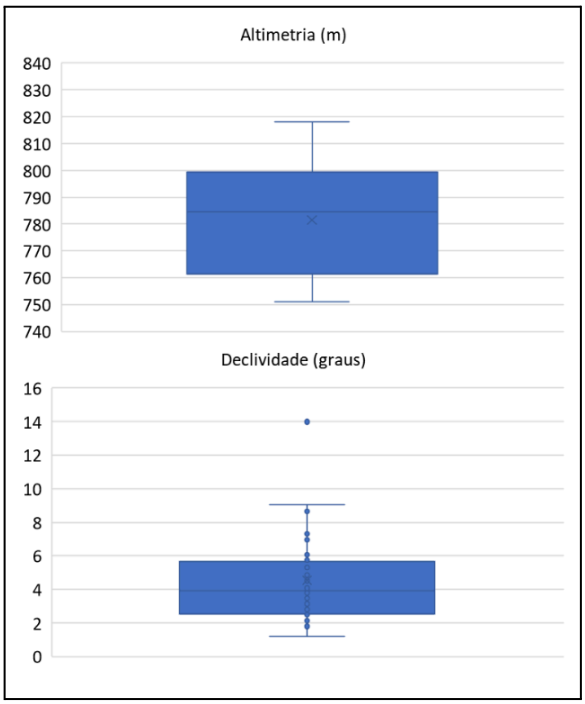


Figura 3. Boxplot dos 48 dados de inundação ocorridos no município de Diadema, São Paulo, entre janeiro de 2019 e agosto de 2024.

Como próximos passos, pretende-se revisar os dados já adquiridos e ampliar o banco de dados histórico. Complementarmente, o uso de mídias geo-sociais como *proxy* para dados hidrometeorológicos, tais como os dados da plataforma X (antigo Twitter) [4] é uma opção de busca que será considerada. Além disso, a avaliação de automação das metodologias empregadas com destaque para processos de raspagem de dados e *deeplearning* também serão testados.

5. CONCLUSÕES

A extração e interpretação de dados através de fontes de informação independentes provenientes de veículos jornalísticos em um contexto de ausência de dados oficiais, favorece a validação de modelos hidrológicos.

A metodologia subsidiou a seleção das fontes jornalísticas confiáveis e permitiu a identificação de pontos e manchas de inundação coerentes em relação a altitude e declividade através de fontes jornalísticas (Figuras 2 e 3). No entanto, uma pequena porcentagem dos dados será reavaliada para verificar sua relevância.

Portanto, observou-se enorme potencial relacionado à identificação de pontos e manchas de inundação através de notícias jornalísticas, assim favorecendo a elaboração de modelos sócio-hidrológicos e a elaboração de um Plano de Ação Climática para Diadema, SP.

Os próximos passos previstos serão a avaliação de automação das metodologias empregadas com destaque

para processos de raspagem de dados e *deeplearning*, ampliação do banco de dados histórico, ampliação das regiões analisadas e verificar a possibilidade de uso das mídias geo-sociais.

6. FINANCIAMENTOS

Este projeto foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo 2023/10076-6, no âmbito do Programa de Pesquisa em Políticas Públicas, intitulado "Urbverde: Políticas Públicas para Qualificação Territorial Orientada à Adaptação Climática e Redução das Desigualdades", além de contar com o apoio da Chamada Universal do CNPq (Processo: 421592/2023-0).

7. REFERÊNCIAS

[1] IPCC, "Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability," Cambridge University Press, Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 2022. Accessed: Dec. 07, 2022. [Online]. Available: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/.

[2] C. Kidd et al., "So, how much of the Earth's surface is covered by rain gauges?," Bull. Amer. Meteor. Soc., vol. 98, no. 1, pp. 69–78, Jan. 2017, doi: 10.1175/BAMS-D-14-00283.1.

[3] F. Vanelli, F. Fan, and M. Kobiyama, "Panorama geral sobre dados hidrológicos com ênfase em eventos hidrológicos extremos," REGA, vol. 17, no. 1, pp. 24–20, Dec. 2020, doi: 10.21168/rega.v17e24.

[4] C. Restrepo-Estrada, S. C. de Andrade, N. Abe, M. C. Fava, E. M. Mendiondo, and J. P. de Albuquerque, "Geo-social media as a proxy for hydrometeorological data for streamflow estimation and to improve flood monitoring," Comput. Geosci., vol. 111, pp. 148–158, Feb. 2018, doi: 10.1016/j.cageo.2017.10.010.

[5] P. P. dos Santos, A. O. Tavares, and J. L. Zêzere, "Risk analysis for local management from hydro-geomorphologic disaster databases," Environmental Science & Policy, vol. 40, pp. 85–100, Jun. 2014, doi: 10.1016/j.envsci.2013.12.007.

[6] B. R. Sood, G. Stockdale, and E. M. Rogers, "How the news media operate in natural disasters," J. Communication, vol. 37, no. 3, pp. 27–41, Sep. 1987, doi: 10.1111/j.1460-2466.1987.tb00992.x.

[7] M. Barnolas and M. C. Llasat, "A flood geodatabase and its climatological applications: the case of Catalonia for the last century," Nat. Hazards Earth Syst. Sci., vol. 7, no. 2, pp. 271–281, Apr. 2007, doi: 10.5194/nhess-7-271-2007.

[8] S. Du, H. Gu, J. Wen, K. Chen, and A. Van Rompaey, "Detecting Flood Variations in Shanghai over 1949–2009 with Mann-Kendall Tests and a Newspaper-Based Database," Water (Basel), vol. 7, no. 5, pp. 1808–1824, Apr. 2015, doi: 10.3390/w7051808.

[9] IBGE, "Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)," Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2023. https://www.ibge.gov.br/ (accessed May 01, 2024).

[10] M. D. Grostein, "METRÓPOLE E EXPANSÃO URBANA: A PERSISTÊNCIA DE PROCESSOS 'INSUSTENTÁVEIS,'" São Paulo Perspec., vol. 15, no. 1, pp. 13–19, Jan. 2001, doi: 10.1590/S0102-88392001000100003.