

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

MONITORAMENTO HIDROLÓGICO PARTICIPATIVO: DESENVOLVIMENTO DE UM WEBAPP PARA COLETA DE DADOS VIA CIÊNCIA CIDADÃ

Lorena Lima Ferraz¹ ; Maria Clara Fava² & Marina Batalini de Macedo³

Resumo: A intensificação de eventos hidrológicos extremos, como enchentes e inundações, têm evidenciado a necessidade de aprimorar o monitoramento dos recursos hídricos para subsidiar estudos e ações preventivas. No Brasil, o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), previsto na Lei nº 9.433/1997, visa integrar e disseminar dados hidrológicos. No entanto, a baixa densidade de estações de medição compromete a representatividade espacial das informações, especialmente em microbacias. Embora o uso de produtos de sensoriamento remoto e dados interpolados represente um avanço, essas abordagens ainda apresentam limitações em estudos de modelagem hidrológica voltados a eventos extremos em microbacias, que exigem dados de alta resolução espacial e temporal. Nesse contexto, a ciência cidadã surge como alternativa complementar, permitindo que a população contribua com a coleta de dados locais e em tempo real. Dessa forma, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um webapp voltado à coleta participativa de dados hidrológicos, com interface acessível e integração com bancos de dados. A proposta busca ampliar a cobertura do monitoramento, incentivar a participação social na gestão dos recursos hídricos e fornecer informações que podem ser empregadas em estudos de modelagem hidrológica em bacias hidrográficas com dados escassos.

Abstract: The intensification of extreme hydrological events, such as floods and inundations, has highlighted the need to enhance water resource monitoring to support studies and preventive actions. In Brazil, the National Water Resources Information System (SNIRH), established by Law No. 9.433/1997, aims to integrate and disseminate hydrological data. However, the low density of monitoring stations compromises the spatial representativeness of the information, especially in small catchments. Although the use of remote sensing products and interpolated data represents a significant advancement, these approaches still present limitations in hydrological modeling studies focused on extreme events in micro-watersheds, which require high spatial resolution data. In this context, citizen science emerges as a complementary alternative, enabling the population to contribute local and real-time observations. Accordingly, this study presents the development of a web-based application designed for participatory collection of hydrological data, featuring an accessible interface and integration with structured databases. The proposed tool aims to expand monitoring coverage, foster social participation in water resources management, and provide data that can be used in hydrological modeling studies in poorly monitored watersheds.

¹) Universidade Federal de Itajubá, Instituto de Recursos Naturais, Itajubá - MG, lorena.ferraz@uesb.edu.br.

²) Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Civil, São Carlos - SP, mcfava@ufscar.br.

³) Universidade Federal de Itajubá, Instituto de Recursos Naturais, Itajubá - MG, marinamacedo@unifei.edu.br.

Palavras-Chave – Dados hidrológicos, Gestão Participativa, Monitoramento Colaborativo.

1. INTRODUÇÃO

Um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433, de 08 de Janeiro de 1997, conhecida como Lei das Águas, é o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). Trata-se de um amplo sistema cujo objetivo é reunir, dar consistência e divulgar os dados e informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos no Brasil; atualizar permanentemente as informações sobre disponibilidade e demanda de recursos hídricos em todo o território nacional; e fornecer subsídios para a elaboração dos Planos de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

Nessa perspectiva, destaca-se a relevância do monitoramento ambiental para obtenção e integração de informações sobre o território. Em especial, o dado hidrológico nos permite compreender, de forma quantitativa e qualitativa, a real condição dos recursos hídricos em uma determinada região, sendo um insumo primordial para o desenvolvimento de estudos de modelagem hidrológica que permitem a previsão de eventos de cheias e inundações. No entanto, diante da extensa dimensão territorial do Brasil, o monitoramento enfrenta desafios significativos, sobretudo relacionados aos elevados custos de instalação e manutenção de estações, o que compromete a abrangência e a representatividade espacial da rede de observação. No Brasil, densidade média da rede de monitoramento é de um pluviômetro por 700 km² (Silva, 2021), sendo um valor abaixo do recomendado pela World Meteorological Organization (WMO, 1985).

Como consequência, a aplicação da modelagem hidrológica em determinadas regiões pode ser severamente comprometida. Algumas alternativas têm sido amplamente exploradas, como o uso de produtos de precipitação obtidos por sensoriamento remoto (Mello *et al.* 2025; Junqueira *et al.* 2022) e uso de dados oriundos de interpolação, como os de Xavier *et al.* (2015). Entretanto, essas fontes de dados podem apresentar limitações em estudos de modelagem de inundação devido à sua escala espacial, que pode não ser adequada para aplicação em microbacias. Considerando a intensificação dos eventos extremos e os impactos socioambientais a eles associados — sobretudo em áreas com alta vulnerabilidade — destaca-se a importância do desenvolvimento de metodologias e da aplicação de ferramentas capazes de apoiar o monitoramento, a previsão e a mitigação desses desastres.

Em decorrência, surge o potencial da participação social na coleta de dados hidrológicos. A ciência cidadã, nesse contexto, tem se mostrado uma abordagem promissora, permitindo o fornecimento de informações sobre eventos, fatores que levam às inundações e parâmetros relacionados ao risco (Sy *et al.* 2018). Para isso, é fundamental disponibilizar à população uma plataforma acessível, intuitiva e tecnicamente adequada para o envio dessas informações, facilitando sua integração a bases de dados utilizadas por pesquisadores e gestores.

Considerando os desafios associados à escassez de dados hidrológicos em diversas regiões do país, este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma solução tecnológica voltada à coleta

participativa de informações por meio da ciência cidadã. Trata-se de um webapp projetado para ampliar a cobertura espacial do monitoramento hídrico, promover o engajamento social na gestão de riscos hidrológicos e oferecer suporte à modelagem de processos hidrológicos em bacias com dados escassos, sendo um potencial para a redução de incertezas nos modelos, contribuindo para análises mais robustas e aplicação de estratégias de gestão mais eficazes.

2. DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA

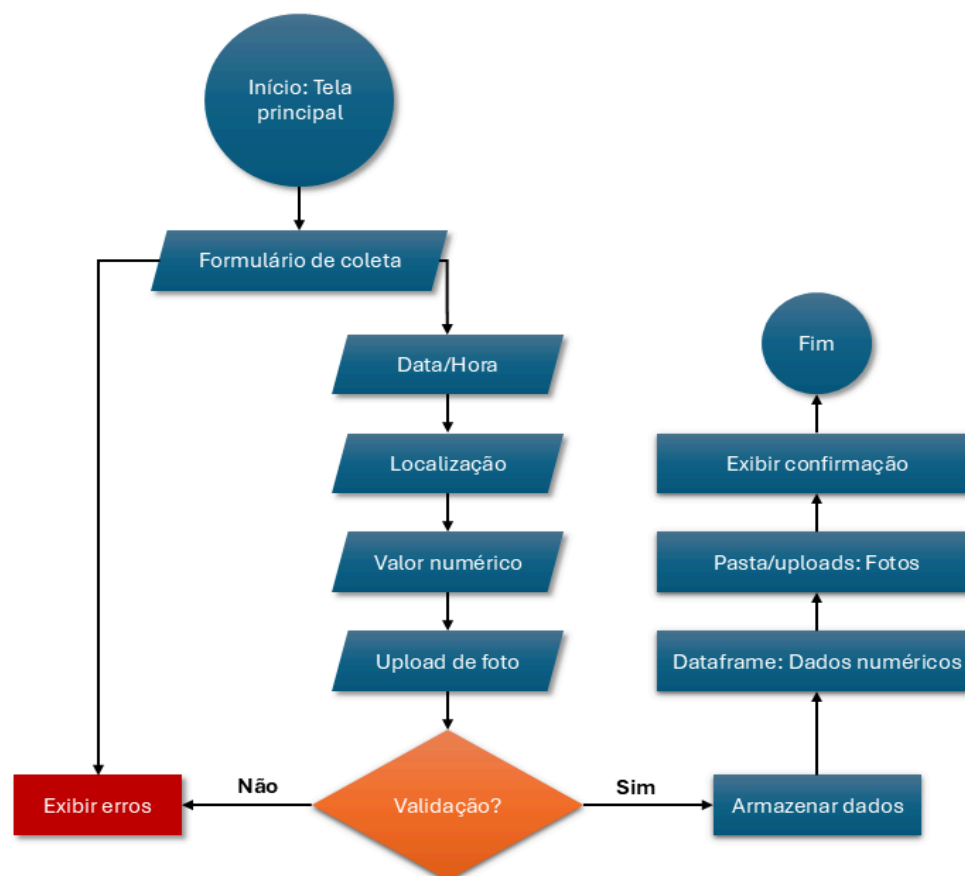
A Figura 1 apresenta o fluxograma que descreve a arquitetura lógica do webapp desenvolvido para a coleta de dados. A construção do diagrama foi realizada por meio da linguagem Mermaid.js, uma ferramenta de marcação leve amplamente utilizada em ambientes de documentação técnica. Sua aplicação permite a elaboração de fluxogramas diretamente em sintaxe Markdown, proporcionando uma representação visual clara e sistematizada das etapas envolvidas no funcionamento do sistema.

O processo tem início na tela principal, onde o usuário acessa o formulário de coleta. Este formulário é composto por diferentes campos: data e hora do registro, localização geográfica do ponto observado, valor numérico associado ao evento (como nível d'água ou precipitação), se houver, e a opção de upload de imagem, que permite o envio de uma foto do local monitorado.

Após o preenchimento dos campos, os dados inseridos passam por uma etapa de validação, que verifica a integridade e a conformidade dos dados. Caso alguma inconsistência ou ausência seja identificada, o sistema retorna automaticamente à tela de formulário, exibindo os erros detectados e permitindo ao usuário a correção das informações.

Se a validação for bem-sucedida, o fluxo segue para a etapa de armazenamento. Nesta etapa, os dados numéricos e espaciais são organizados e armazenados em um dataframe, enquanto as imagens são salvas em uma pasta específica. Após a conclusão do armazenamento, o sistema exibe uma mensagem de confirmação ao usuário, finalizando o processo.

Figura 1 - Fluxograma de funcionamento do sistema de coleta de dados.



O sistema foi desenvolvido utilizando uma combinação de linguagens voltadas tanto ao front-end (interface do usuário) quanto ao back-end (processamento e armazenamento dos dados), com o objetivo de garantir uma aplicação funcional, responsiva e de fácil acesso, inclusive por dispositivos móveis.

No front-end, a estrutura do formulário, a navegação entre as telas e a interação com o usuário foram implementadas utilizando JavaScript com o framework React, que permite a criação de interfaces modulares e dinâmicas. O uso de Tailwind CSS facilitou a estilização responsiva e moderna da interface, assegurando acessibilidade e boa usabilidade mesmo em dispositivos com diferentes tamanhos de tela.

No back-end, a lógica de validação dos dados, o gerenciamento de uploads de imagens e o armazenamento das informações foram implementados em linguagem Python, por meio do framework FastAPI. Essa escolha permite uma comunicação eficiente com bancos de dados, além de garantir alto desempenho nas requisições HTTP. Para armazenamento temporário e manipulação dos dados estruturados, é utilizado pandas, biblioteca amplamente empregada para análise de dados.

As imagens enviadas são armazenadas em uma pasta no Google Drive criada exclusivamente para recebimento de informações do projeto, enquanto os dados numéricos são

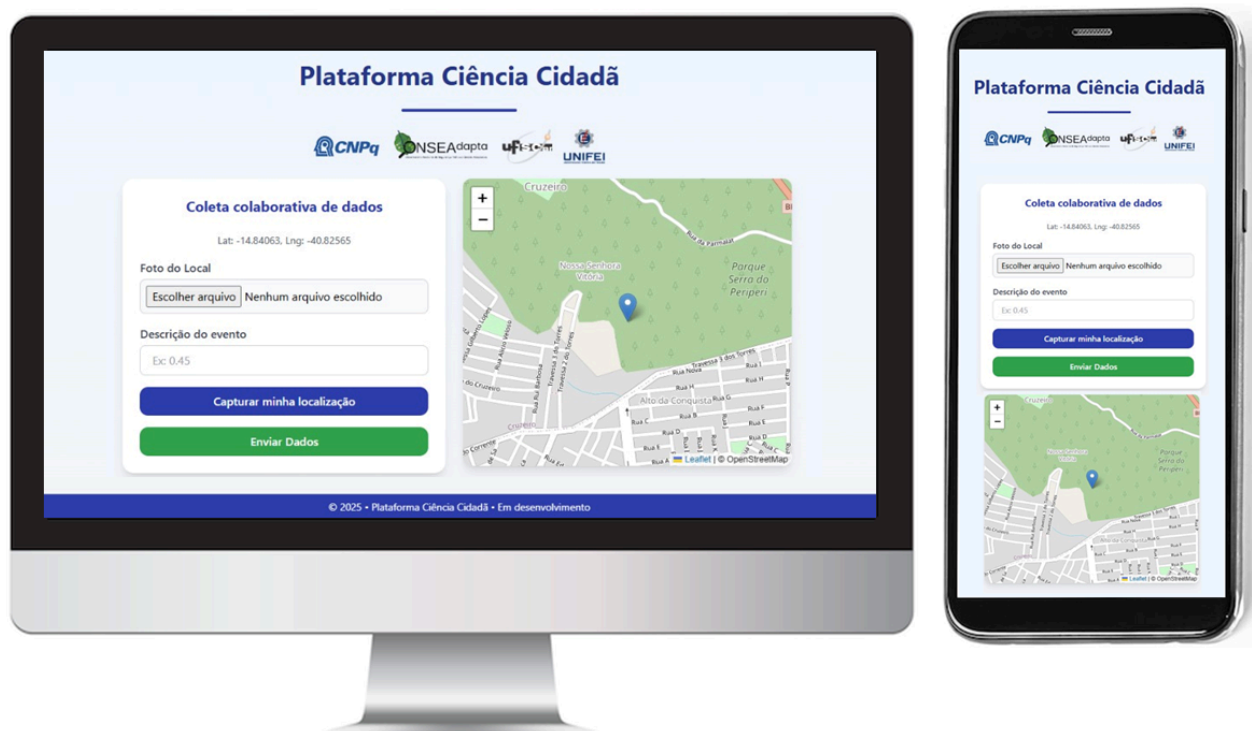
organizados em estruturas tabulares (dataframes) que podem posteriormente ser exportadas para formatos como .csv ou inseridas em bancos relacionais, como PostgreSQL com PostGIS, caso seja necessária a espacialização dos registros.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desenvolvimento deste webapp ocorre no âmbito do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT) Observatório Nacional de Segurança Hídrica e Gestão Adaptativa – ONSEAdapta, especificamente vinculado à Unidade Científica 17, que trata da Ciência Cidadã e Governança Policêntrica. Essa unidade busca articular instrumentos de produção colaborativa de conhecimento com arranjos institucionais que promovam a descentralização da gestão e o fortalecimento das capacidades locais de resposta a eventos extremos.

Nesse contexto, o webapp proposto materializa uma das estratégias do projeto ao propor uma solução tecnológica que possibilita o engajamento direto da população na geração de dados hidrológicos, ao mesmo tempo em que estabelece pontes entre a ciência, a gestão pública e os territórios vulnerabilizados. O principal resultado deste trabalho é o desenvolvimento de um webapp voltado à coleta participativa de dados hidrológicos, com foco na ampliação da cobertura espacial do monitoramento e na integração entre população e ciência. A Figura 1 apresenta a tela inicial do aplicativo em ambiente desktop e em dispositivos móveis.

Figura 2 - Tela inicial do webapp para desktop e dispositivos móveis..



Essa proposta se insere em um contexto mais amplo de iniciativas de ciência cidadã voltadas ao monitoramento hidrológico e à gestão de riscos. Um exemplo recente é o Mapa Cidadão do Saneamento, implementado no Rio Grande do Sul durante as enchentes de 2024 (Possanti, Müller & Ruhoff, 2024). Criado por pesquisadores e ativistas, esse mapa permitiu o envio colaborativo de informações sobre alagamentos, desabastecimento e falta de saneamento, alimentando uma base pública que orientou ações emergenciais e evidenciou falhas estruturais em tempo real. O sucesso da iniciativa demonstrou o poder das plataformas participativas na articulação entre dados locais, mobilização comunitária e resposta institucional.

Outro caso relevante é o Observatório Cidadão de Enchentes da USP, que utiliza relatos populares georreferenciados para mapear alagamentos e enxurradas na cidade de São Paulo. O observatório combina inteligência computacional com participação cidadã para validar dados em tempo real e construir uma base de dados histórica sobre eventos extremos (DEGROSSI; ALBUQUERQUE)..

Em comparação com essas experiências, o webapp aqui apresentado diferencia-se por sua estrutura modular pensada desde a origem para integração direta com modelagem hidrológica, sobretudo em áreas rurais e bacias de menor escala. Enquanto as plataformas citadas têm foco urbano e muitas vezes emergencial, a proposta deste trabalho tem aplicação contínua, preventiva e voltada à geração de dados para estudos técnicos, inclusive em microbacias com baixo monitoramento.

Por fim, embora o sistema tenha sido concebido com base em boas práticas de estruturação de dados, é importante ressaltar que a ciência cidadã traz consigo problemas relacionados à qualidade da informação gerada. Dentre esses problemas, destaca-se possíveis erros de georreferenciamento, envio de dados com uso incorreto de unidades de medida, registros incompletos, além de upload de imagens fora de contexto. Na tentativa de mitigar essas limitações, as etapas futuras do projeto deverão incluir a implementação de mecanismos de verificação automática, uso de escalas visuais padronizadas, mensagens de orientação dentro do app e análise de consistência dos dados recebidos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do webapp apresentado neste trabalho representa um passo inicial na construção de uma ferramenta voltada à coleta participativa de dados hidrológicos, com potencial de aplicação em contextos de monitoramento descentralizado e gestão colaborativa dos recursos hídricos. Estruturado sob uma perspectiva técnica, o sistema busca viabilizar a integração entre ciência cidadã, modelagem hidrológica e gestão de riscos, especialmente em bacias com pouca infraestrutura de monitoramento.

Considerando que o protótipo ainda se encontra em fase pré-operacional, sem ter sido submetido à etapa de testes, sua arquitetura modular, responsiva e compatível com bancos de dados espaciais reforça sua aplicabilidade em diferentes escalas e contextos territoriais. Em uma segunda

etapa, o sistema será aperfeiçoado com base nas demandas e percepções dos usuários finais incorporando princípios de Design Centrado no Usuário.

Ainda que o sistema se encontre em fase de protótipo, reconhece-se que a realização de testes preliminares com usuários reais contribuiria de forma significativa para a validação da proposta. Essa etapa permitiria avaliar aspectos como usabilidade da interface, clareza dos formulários, dificuldades no preenchimento, frequência de uso e percepção sobre a utilidade da plataforma. Por fim, a efetividade e a longevidade da iniciativa dependerão, em grande parte, de seu alinhamento com políticas públicas e da articulação com instituições como a ANA, a Defesa Civil e gestores locais, além da capacidade da plataforma em gerar retornos tangíveis aos participantes, como visualização e espacialização dos dados e alertas como forma de reconhecimento das contribuições.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio institucional à pesquisa, por meio da concessão de bolsa de pós-doutorado e pela criação do Observatório Nacional de Segurança Hídrica e Gestão Adaptativa (ONSEAdapta).

REFERÊNCIAS

BRASIL. (1997). *“Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989”*. Disponível em: < https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm>. Acesso em 26 de abril de 2025.

DEGROSSI, L. C.; DE ALBUQUERQUE, J. P. (2014). *“Observatório Cidadão de Enchentes (OCE): uma plataforma de crowdsourcing para obtenção de VGI no contexto de gestão de risco de inundação”*. In: Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI), 2014, Londrina. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2014. p. 256-267.

JUNQUEIRA, R.; VIOLA, M. R.; AMORIM, J. DA S.; CAMARGOS, C.; DE MELLO, C. R. (2022). *“Hydrological modeling using remote sensing precipitation data in a Brazilian savanna basin”*. Journal of South American Earth Sciences, 115.

MELLO, I. C.; WELERSON, C. C.; PASSOS, F. O.; FERRAZ, F. S.; SANTOS, F. C.; SILVA, B. C. (2025). *“Calibração de um modelo hidrológico distribuído à bacia do rio São Francisco a partir de chuva estimada por satélite”*. Revista Mineira de Recursos Hídricos, 6.

POSSANTI, I.; MÜLLER, J.; RUHOFF, A. (Editores.). 2024. *Cheias no Rio Grande do Sul - Base de dados e informações geográficas na Região Hidrográfica do Lago Guaíba e na Lagoa dos Patos em 2024*. UFRGS. Disponível em: <https://storymaps.arcgis.com/stories/a81d69f4bccf42989609e3fe64d8ef48>. Acesso em: jun. 2025.

SILVA L. R. S. (2021). “*Monitoramento hidrometeorológico no Brasil: uma análise sob a ótica da coordenação de políticas públicas*”. Revista de Gestão de Água da América Latina, 18(3–0).

SY, B.; FRISCHKNECHT, C.; DAO, H.; CONSUEGRA, D.; GIULIANI, G. (2018). “*Flood hazard assessment and the role of citizen science*”. Journal of Flood Risk Management, 12(S2), pp. 1-14.

World Meteorological Organization (1985). “*Review of Requirements for area-averaged precipitation data, surface-based and space-based estimation techniques, space and time sampling, accuracy and error*”. Colorado, USA.

XAVIER, A.C.; KING, C.W.; SCANLON, B.R. (2015). “*Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980-2013)*”. International Journal of Climatology, 36(6), pp. 2644-2659.