DESENVOLVIMENTO DE UMA BIBLIOTECA OPERACIONAL PARA GERENCIAMENTO DE ALERTAS DE INUNDAÇÃO COM O MODELO HIDROLÓGICO MGB

Rafael Barbedo [1] ; Erik Quedi [2]; Franco T. Buffon [3] & Francisco F. N. Marcuzzo [4]

Palavras-Chave – sistema de alerta hidrológico, operação hidrológica, previsão hidrológica.

INTRODUÇÃO

O envio de alertas de inundação em Sistemas de Alerta Hidrológicos (SAHs) depende de uma cadeia operacional capaz de integrar observações hidrometeorológicas, previsões de chuva, simulações hidrológicas, revisão técnica e comunicação do risco em tempo compatível com a tomada de decisão, em linha com a abordagem de sistemas de alerta multirrisco recomendada pela WMO (2017). Em bacias sujeitas a respostas rápidas (Mendes *et al.*, 2025a,b) ou a cheias persistentes (Marcuzzo *et al.*, 2026), a dificuldade não está apenas na execução do modelo hidrológico, mas também na organização do ciclo operacional: quais dados foram usados, quais limiares foram avaliados, quais revisões foram feitas e qual versão do alerta foi disponibilizada aos usuários.

O Modelo de Grandes Bacias (MGB) é um modelo hidrológico distribuído de larga escala, consolidado no contexto brasileiro para simulação chuva-vazão e aplicações em grandes bacias, incluindo extensões hidrológicas e hidrodinâmicas para sistemas fluviais complexos (Collischonn *et al.*, 2007; Pontes *et al.*, 2017; Collischonn *et al.*, 2025). Seu uso em contexto operacional exige uma camada complementar para organizar dados, parametrizações, rodadas, revisões e produtos de comunicação. Essa camada é especialmente importante quando a previsão hidrológica deixa de ser apenas uma simulação e passa a subsidiar decisões recorrentes de alerta.

Este trabalho apresenta a concepção de uma biblioteca computacional para apoiar o gerenciamento de alertas de inundação baseado no MGB. A proposta considera um ambiente local, reprodutível e auditável, no qual cada rodada operacional reúne dados observados, chuva prevista, arquivos de entrada e saída do modelo, regras de classificação e produtos de comunicação, com foco em estruturar uma base tecnológica que possa ser usada em notebooks, scripts e rotinas automatizadas, mantendo a lógica operacional em funções reutilizáveis. A arquitetura de desenvolvimento se apoia na necessidade de transformar rotinas de previsão hidrológica em fluxos de alerta mais transparente, considerando o alerta como resultado de uma sequência rastreável de decisões: ingestão de dados, controle de qualidade, simulação, comparação com limiares, revisão e publicação.

VISÃO GERAL

A biblioteca é organizada como um pacote Python instalável para execução de rotinas operacionais de previsão e alerta de inundação. O operador trabalha a partir de uma configuração regional, que define bacias, estações, limiares, janelas de simulação, fontes de dados e localização de arquivos do MGB previamente gerados. A partir dessa configuração, as funções da biblioteca

1) Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), rbarbedofontana@gmail.com
2) Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), erik.quedi@gmail.com
3) Serviço Geológico do Brasil (SGB), franco.buffon@sgb.gov.br
4) Serviço Geológico do Brasil (SGB), francisco.marcuzzo@sgb.gov.br

executam a coleta e consolidação dos dados, preparam as entradas do modelo, executam a rodada hidrológica e registram os produtos gerados.

O uso operacional é baseado em chamadas explícitas a funções Python, o que permite compor a rotina em scripts, notebooks ou agendamentos externos. Um exemplo simplificado de uso consiste em carregar a configuração regional, definir o horário de referência, atualizar as observações, registrar a previsão meteorológica, preparar a rodada do MGB, executar o modelo e gerar o resumo por bacia:

```
context = load_config("rs_hydro.yaml")
Run = create_run(context, reference="2026-06-19 12:00")
Run.update_obs()
Run.register_forecast()
Run.prepare_mgb()
Run.execute_mgb()
Run.generate_report(basins=["Taquari-Antas", "Caí", "Sinos"])
```

Essa sequência mantém os parâmetros visíveis para o operador e facilita a repetição de uma rodada com dados corrigidos. O resultado de cada rodada inclui dados consolidados, entradas e saídas hidrológicas, registros de revisão e artefatos de síntese. O *dashboard* é utilizado para registrar visualmente o resultado da rodada, permitindo capturar mapas, gráficos, métricas e séries previstas que apoiam a interpretação técnica e a documentação do boletim.

FLUXO DE TRABALHO OPERACIONAL

O fluxo de trabalho proposto organiza a operação de alertas em cinco camadas principais, conforme sintetizado na Figura 1. A primeira camada reúne os dados de entrada: observações hidrometeorológicas, previsões meteorológicas, inventários de estações, configurações regionais, limiares de alerta e parâmetros da rodada. Esses elementos são tratados como insumos explícitos do processo, de modo que cada execução possa ser associada às fontes, horários e critérios utilizados.

A segunda camada corresponde à base histórica operacional, na qual os dados de trabalho são consolidados. Essa base mantém o histórico de observações e previsões utilizadas, metadados das fontes, registros de qualidade e informações necessárias para reproduzir uma rodada. A separação entre dados brutos ou recebidos e séries efetivamente utilizadas na operação preserva a rastreabilidade entre fonte, tratamento aplicado e resultado gerado.

A terceira camada é o processamento hidrológico com o MGB. Nessa etapa, a chuva observada e prevista é interpolada e agregada para a discretização do modelo, os metadados da rodada são atualizados, o modelo é executado e os resultados hidrológicos são preparados para análise. A rodada é tratada como um ciclo fechado, com identificação do tempo de referência, horizonte de previsão, dados usados, produtos gerados e eventuais observações técnicas.

A quarta camada é a análise operacional em *dashboard* interativo. Nela, o operador visualiza mapas, gráficos, séries previstas, métricas de desempenho, limiares e pontos críticos. Essa etapa não é apenas uma visualização final: ela também orienta a revisão dos dados. Quando o operador identifica valores espúrios, falhas de estação, inconsistências temporais ou necessidade de ajuste manual, são registradas ações de controle de qualidade, filtragem ou correção. O fluxo então retorna à base histórica operacional e uma nova rodada do MGB é executada com os dados revisados.

A quinta camada corresponde aos produtos de alerta. Após a análise e eventuais revisões, o sistema gera um artefato resumo para bacias selecionadas, contendo a síntese da situação hidrológica, pontos de atenção, limiares atingidos, tendência prevista e informações necessárias à construção do

boletim de alerta. Dessa forma, o *dashboard* apoia a decisão operacional, enquanto o boletim consolida a comunicação formal do alerta.

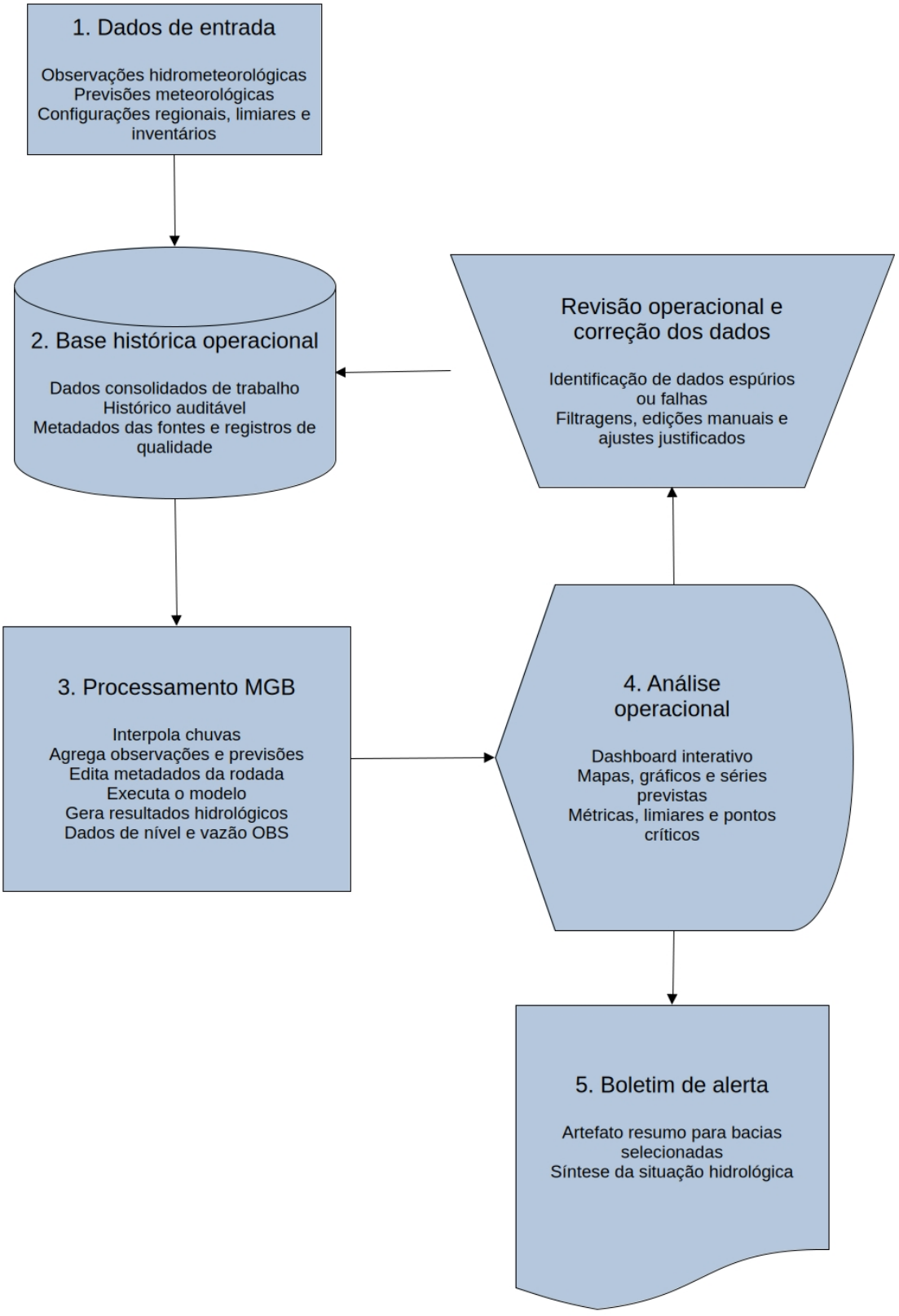


Figura 1. Fluxo operacional proposto para gerenciamento de boletins de inundação. Fonte: os autores.

CONCLUSÃO

Este trabalho descreve e dá exemplos operacionais da lógica de gerenciamento da ingestão, preparação de dados, execução de rodadas, revisão e geração de produtos através de funções programáticas interoperáveis. A consolidação deste desenvolvimento representa uma camada técnica para transformar a operação com o modelo hidrológico MGB em um processo mais estruturado, reprodutível e auditável. A abordagem utilizada, portanto, reduz a dependência de procedimentos manuais dispersos e facilita a repetição controlada de previsões hidrológicas voltadas à SAHs.

REFERÊNCIAS

COLLISCHONN, W.; ALLASIA, D.; SILVA, B. C.; TUCCI, C. E. M. **The MGB-IPH model for large-scale rainfall-runoff modelling**. Hydrological Sciences Journal, v. 52, n. 5, p. 878-895, 2007. DOI: 10.1623/hysj.52.5.878. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1623/hysj.52.5.878. Acesso em: 25 jun. 2026.

COLLISCHONN, W.; *et al.* The exceptional hydrological disaster of April-May 2024 in southern Brazil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 30, e1, 2025. Disponível em: https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/25488. Acesso em: 26 mar. 2025.

MARCUZZO, F. F. N.; KENUP, R. E.; ZANETTI, H. P.; BENVENUTTI, L.; OLIVEIRA, M. P. de; WILSON, E. da S.; ACOSTA, C. C.; BAO, R. Nota Técnica: aferição direta e avalição indireta do nível máximo de rios em estações fluviométricas e marcas de inundação no Rio Grande do Sul na grande cheia de maio de 2024. 18ª versão. Porto Alegre: Serviço Geológico do Brasil – CPRM, 2026. Disponível em: https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/24939.19. Acesso em: 19 jun. 2026.

MENDES, D. V.; MARCUZZO, F. F. N.; BUFFON, F. T. Aplicação de rede neural linear para modelos autorregressivos em estações fluviométricas da Bacia do rio Taquari no Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 26., 2025a, Vitória. **Anais...** Vitória: ABRHidro, 2025. Disponível em: https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/25758. Acesso: 25 jun. 2026.

MENDES, D. V.; MARCUZZO, F. F. N.; MATTIUZI, C. D. P. Tempos de deslocamento de aumento nos níveis dos rios caí e taquari entre estações fluviométricas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 26., 2025b, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABRH, 2025. Disponível em: https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/25757. Acesso em: 2025.

PONTES, P. R. M.; FAN, F. M.; FLEISCHMANN, A. S.; PAIVA, R. C. D.; BUARQUE, D. C.; SIQUEIRA, V. A.; JARDIM, P. F.; SORRIBAS, M. V.; COLLISCHONN, W. **MGB-IPH model for hydrological and hydraulic simulation of large floodplain river systems coupled with open source GIS**. Environmental Modelling & Software, v. 94, p. 1-20, 2017. DOI: 10.1016/j.envsoft.2017.03.029. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S136481521630189X. Acesso em: 25 jun. 2026.

WMO. **Multi-hazard early warning systems: a checklist**. World Meteorological Organization, Geneva, 2017. Disponível em: https://community.wmo.int/sites/default/files/EWS_Checklist_0.pdf. Acesso em: 25 jun. 2026.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Serviço Geológico do Brasil (SGB) pelo financiamento do Projeto 1.20.2501 (586), em parceria com o IPH/UFRGS - APRIMORAMENTO DE SISTEMA DE ALERTA DE CHEIAS PARA O RIO GRANDE DO SUL HIDROLÓGICO.