



Comunicação de
Pesquisa

Estrabão

Vol. (6): 72 - 78

© Autores

DOI: 10.53455/re.v6i.266



Recebido em: 12/02/2025

Publicado em: 29/04/2025

Sistema de monitoramento e alerta prévio modular com foco em eventos climáticos extremos

Modular early warning and monitoring system focused on extreme weather events

Alexandre Nuernberg^{1A}, Sergio Augusto Bitencourt Petrovic

Resumo

Contexto: Eventos climáticos extremos, como inundações, têm se tornado frequentes, causando impactos socioeconômicos e ambientais significativos. O objetivo deste trabalho é apresentar o planejamento e desenvolvimento de um Sistema de Alerta Prévio (SAP) de baixo custo, de código aberto e modular, com foco inicial no monitoramento de inundações em áreas urbanas e capacidade de adaptação para a medição de outras variáveis úteis em análises de risco para a população como a medição da temperatura da superfície de rios para o controle da doença de Haff. A **metodologia** inclui a pesquisa de tecnologias de baixo consumo de energia, como microcontroladores com suporte a modo de hibernação, sensores ultrassônicos e de Tempo de Voo (ToF), e tecnologias de rádio LoRaWAN para transmissão de longo alcance. O sistema será composto por estações de monitoramento que coletam dados sobre o nível da água e os transmitem para um gateway conectado à internet, que os envia para um banco de dados. Uma interface web permitirá a visualização dos dados e o envio de alertas em tempo real. **Considerações:** O projeto visa contribuir para a gestão de riscos de inundações, e eventos críticos, auxiliando na tomada de decisões e na prevenção de perdas. A disponibilização do código aberto permitirá que outros pesquisadores e desenvolvedores contribuam para o aprimoramento da tecnologia e a adaptação a diferentes cenários.

Palavras-Chave: inundação; sistema de alerta; LoRaWAN; doença de Haff.

Abstract

Context: Extreme weather events, such as floods, have become frequent, causing significant socioeconomic and environmental impacts. The objective of this work is to present the planning and development of a low-cost, open-source, and modular Early Warning System (EWS), initially focused on flood monitoring in urban areas with the capacity to adapt to the measurement of other variables useful in risk analysis for the population, such as measuring the surface temperature of rivers to control Haff disease. The **methodology** includes researching low-power technologies, such as microcontrollers with hibernation mode support, ultrasonic and Time-of-Flight (ToF) sensors, and LoRaWAN radio technologies for long-range transmission. The system will be composed of monitoring stations that collect data on the water level and transmit it to an internet-connected gateway, which sends it to a database. A web interface will allow data visualization and real-time alert sending. **Considerations:** The project aims to contribute to flood risk management and critical events, assisting in decision-making and loss prevention. Making the open-source code available will allow other researchers and developers to contribute to the improvement of the technology and adaptation to different scenarios.

Keywords: flood; warning system; LoRaWAN; Haff disease

1 - Discente do Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Clima e Ambiente do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC)

A - Contato principal: alexandreberg@gmail.com

Introdução

Eventos climáticos extremos, como inundações, têm se tornado frequentes, impactando a vida de milhões de pessoas e causando prejuízos. A urbanização desordenada agrava o problema, transformando chuvas em catástrofes, com erosão e assoreamento de rios (da Silva et al., 2020).

A gestão de risco busca antecipar-se a esses efeitos, utilizando métodos de identificação, análise e monitoramento para minimizar danos (Salles et al., 2010).

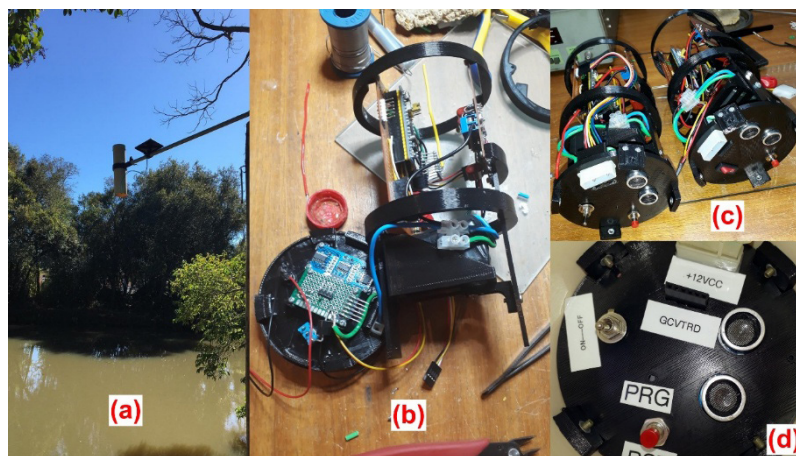
Além disso, podemos enfatizar que ferramentas tecnológicas auxiliam na construção de resiliência diante das mudanças climáticas (Rijal et al., 2024).

Sistemas de Alerta Prévio (SAP), conhecidos em inglês como *Early Warning Systems (EWS)*, atuam na gestão de riscos para atenuar impactos (Perera et al., 2020). Esses sistemas, com complexidade variável conforme o desenvolvimento do país, são ferramentas importantes para reduzir desigualdades.

Este trabalho visa aprimorar um projeto anterior, otimizando questões relacionadas ao consumo de energia, transmissão e visualização dos dados. O objetivo é transformar os instrumentos existentes em um SAP modular e multifuncional, de código aberto, acessível a todos, para monitoramento de áreas, com foco inicial no controle de inundações, mas permitindo a inclusão de outras variáveis (módulos) relevantes para a pesquisa científica, como por exemplo a medição da temperatura da superfície da água de rios para o controle da doença de Haff.

O projeto se baseia em um sistema de monitoramento de cotas de nível testado no Rio do Peixe, desenvolvido pelo autor, como ferramenta de coleta de dados para um Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do aluno Luciano Abreu dos Santos (dos Santos, 2023) na Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP). O sistema original, composto por três estações de monitoramento (duas com transmissores de rádio de longo alcance (*LoRa*) e uma com conexão de rádio *LoRa* e celular operando como *gateway*), operou por um curto período em 2023 (figura 1), demonstrando o potencial do sensoriamento remoto para a gestão de inundações, apesar de algumas limitações.

Figura 1- Protótipos desenvolvidos para monitoramento das cotas de nível do Rio do Peixe, operacionais por um período em 2023. Local de testes em Caçador/SC, (b,c,d) montagem dos protótipos com microcontroladores STM32 Blue Pill, sensores ultrassônicos HC-SR04, módulos LoRa SX1276 e celular SIM800L



Materiais e métodos

O projeto encontra-se na fase de planejamento, com foco na pesquisa, seleção de tecnologias e estruturação do sistema. A topologia proposta para a rede pode ser vista na figura 2.

Figura 2 - Topologia proposta para a rede: SAPs remotos e modulares se conectando através de rádio LoRa e transmitindo os dados para um servidor de aplicação na nuvem através de redes WiFi ou celular. O servidor, por sua vez armazena os dados em banco de dados e os processa constantemente na busca de eventos acima das cotas de alerta de inundações, ou temperaturas críticas.



O planejamento foi dividido nas seguintes etapas:

- **Revisão bibliográfica:** analisar artigos científicos sobre SAPs, soluções microcontroladas para Internet das Coisas (IoT), transmissão de dados via celular e rádio LoRaWAN, e sistemas de baixo consumo de energia para sensoriamento remoto. As fontes de pesquisa incluirão bases de dados como Elsevier, Science Direct, Web of Science e IEEE Xplore, além de revistas científicas, livros e sites especializados.
- **Pesquisa de hardware de baixo consumo:** selecionar microcontroladores de ultrabaixo consumo de energia com suporte ao modo de hibernação para otimização do consumo de energia, como (MSP430, STM32L476RG, F103C8T6, nRF52833 e ESP32), sensores ultrassônicos (US-100, HC-SR04, AJ-SR04) e sensor do tipo Tempo de Voo (TOF400C-VL53L1X) para medição sem contato da cota de nível, e tecnologias de rádio LoRaWAN para transmissão de longo alcance. Dois gateways estão sendo construídos e testados independentemente para transmitir os dados dos sensores para a nuvem: um baseado em ESP32 com suporte a rede 4G e WiFi e shield LoRa, e outro baseado em Raspberry Pi IV com shield LoRaWAN e conectividade somente WiFi.
- **Testes de consumo de energia:** será utilizada a ferramenta *Power Profiler II* da empresa *Nordic Semiconductor* (figuras 3 e 4) para analisar o consumo de energia do sistema, otimizar as rotinas de hibernação e sincronização entre as estações de monitoramento, assim embasando a escolha dos hardwares para a o projeto. Essa ferramenta versátil, permite a integração das medições com o microcontrolador possibilitando a medição do consumo de rotinas específicas do programa, como por exemplo saber qual o consumo total de uma rotina específica para a transmissão de dados por WiFi ou rádio LoRa.
- **Criação de critérios de seleção de hardware:** após os testes com os hardwares selecionados, será definido um critério de seleção com base na pontuação de funcionalidades como custo, disponibilidade, compatibilidade, consumo de energia, precisão, distância de medição/transmissão.
- **Estruturação do sistema de banco de dados:** estruturar o banco de dados MySQL para garantir escalabilidade, desempenho e compatibilidade com futuros módulos, permitindo a adição de novos sensores para monitoramento de outras variáveis, como temperatura, pressão atmosférica, umidade, níveis de CO₂ e vazão de rios.

Figura 3 - Base de testes criada para facilitar o processo de medição do consumo de energia dos SAPs com a ferramenta Nordic Power Profiler onde os microcontroladores e sensores podem ser intercambiados para a medição do consumo de energia.

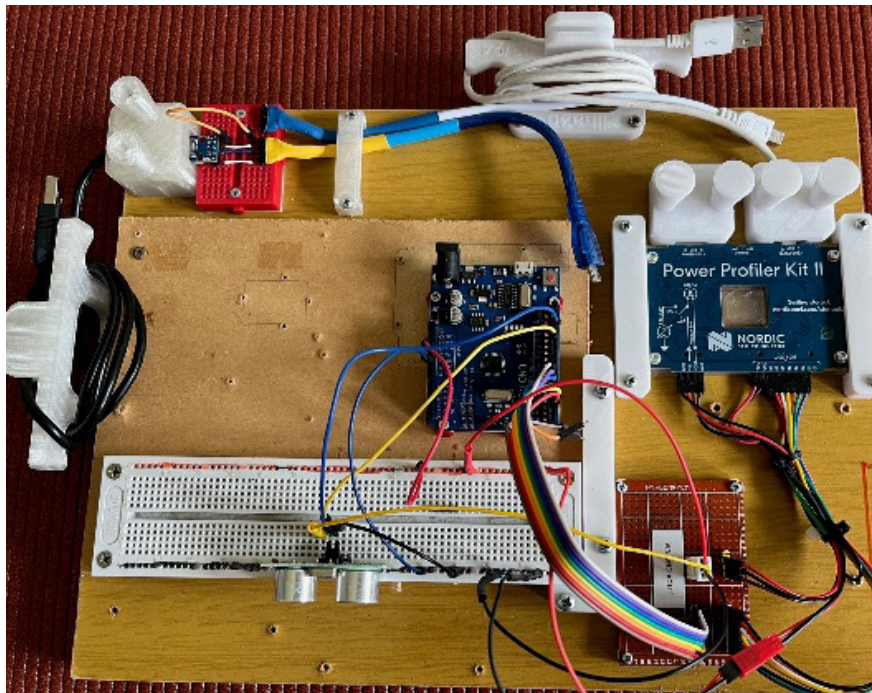
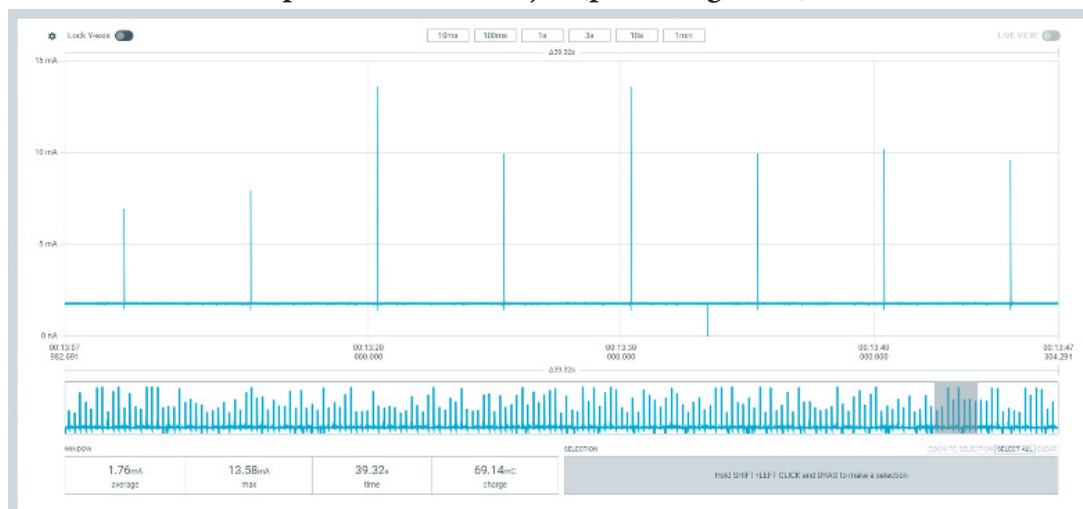
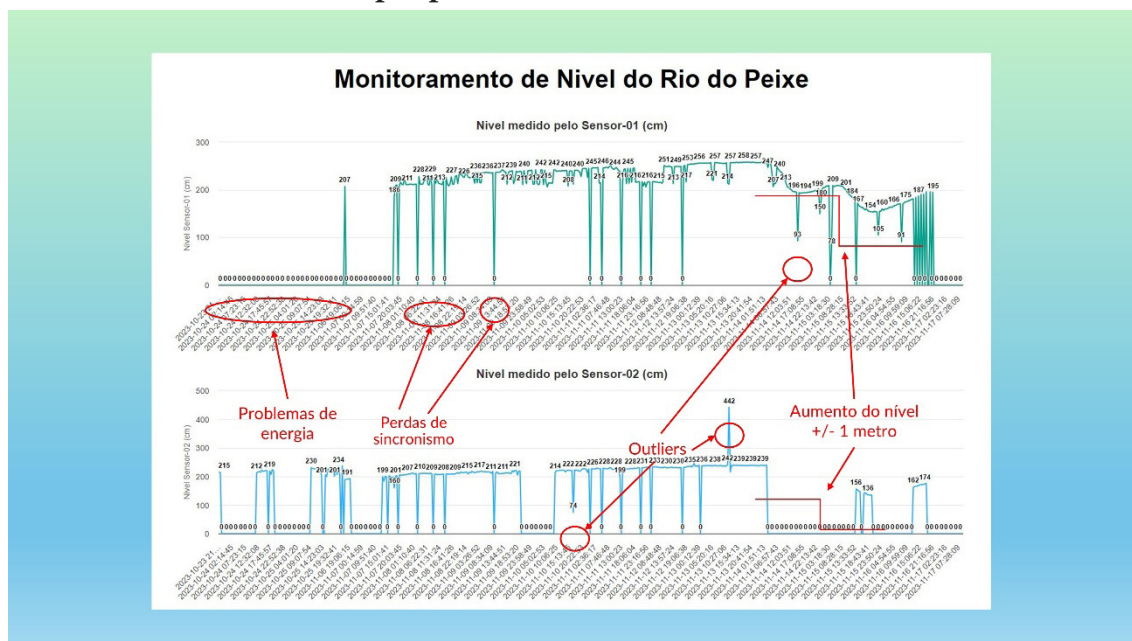


Figura 4 – Exemplo de um gráfico de consumo de um sensor ultrassônico HC-SR04 durante os processos de medição (picos do gráfico).



- **Desenvolvimento da interface web:** desenvolver a interface web, na linguagem PHP + *Python*, permitindo a visualização gráfica da cota de nível atual e histórica, além de configurações de *offset*, níveis de alerta, cadastro de alertas e uma rotina para envio automático de alertas em tempo real. A **figura 5** mostra uma interface web simplificada usada no projeto original e que necessitará ser completamente remodelada tornando-a um dashboard para visualização dos gráficos com os dados e alertas.

Figura 5 - Interface web usada para a visualização rápida das cotas do Rio do Peixe, onde podem ser visualizados vários imprevistos do projeto original, como perda de sincronismo entre SAP e gateway, problemas de consumo de energia com desligamentos por falta de energia, falta de rotina de filtragem e pós processamento dos dados.



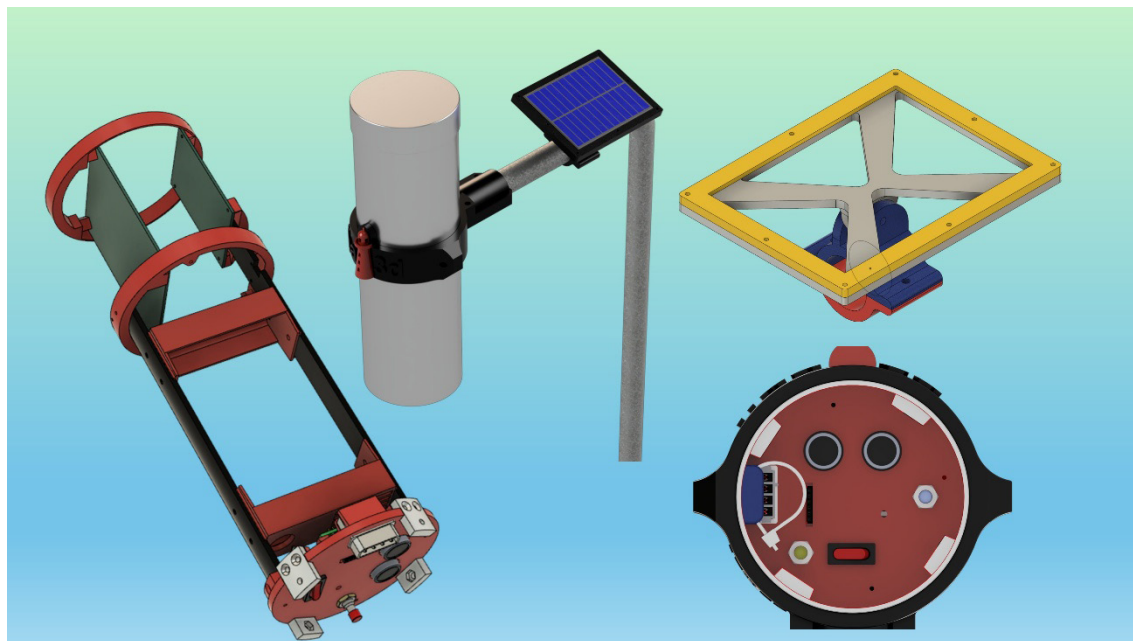
- **Implementação da transmissão celular:** implementar a transmissão celular usando a tecnologia NB-IoT ou LTE-M (4G para IoT), visando maior eficiência energética e melhor desempenho para o gateway ESP32. A escolha da tecnologia e da operadora de telefonia será baseada principalmente na disponibilidade da tecnologia no local e em questões de custo de assinatura do pacote de dados.
- **Publicação do código aberto e documentação:** Serão definidos os repositórios, a licença de uso e as ferramentas de colaboração para disponibilizar gratuitamente os esquemáticos, CADs (**figura 6**) e códigos do projeto no GitHub. O objetivo é garantir a continuidade do projeto e permitir que outros pesquisadores e desenvolvedores contribuam para o seu aprimoramento e criação de novos módulos.

Resultados (preliminares) e Discussão

O projeto encontra-se na fase inicial de levantamento e testes de hardware, e pesquisa, logo ainda não existem resultados para serem discutidos. Foi realizada uma revisão bibliográfica prévia principalmente dos tópicos relacionados a SAPs que sejam autônomos, mas que tenham um baixo custo de implantação, bem como artigos relacionados ao uso de sensores para a medição de cota de nível.

Também foram iniciados os testes de consumo de energia (ainda não concluídos) especificamente para os sensores ultrassônicos que deverão ser utilizados no projeto e numa fase posterior virão a ser testados o consumo dos microcontroladores.

Figura 6 - CADs com os desenhos do SAP para alerta de inundações, com suportes para as placas internas, sensores, fixadores e suportes externos além do painel solar.



Considerações finais

A proposta de implementação de um SAP de baixo custo e código aberto é uma possível solução para reduzir os impactos socioeconômicos e ambientais das inundações, oferecendo à população e às autoridades informações cruciais em tempo real para a tomada de decisões.

Espera-se que a implementação do SAP, prevista para este ano de 2025, contribua para:

- **Monitoramento eficiente:** Monitorar as cotas de nível de rios com precisão e em tempo real.
- **Alerta rápido à população:** Emitir alertas oportunos para a população em risco de inundação.
- **Auxílio na tomada de decisões:** Fornecer dados para que as autoridades tomem decisões eficazes em emergências.
- **Prevenção de perdas:** Reduzir as perdas materiais e humanas causadas por inundações.
- **Ampliação da pesquisa:** Servir como ferramenta para pesquisas científicas, com a inclusão de módulos para monitorar outras variáveis ambientais.

A disponibilização do código aberto com todos os esquemas no GitHub é uma forma de permitir a continuidade e aprimoramento do projeto, abrindo espaço para a criação de novas funcionalidades e a adaptação do sistema para diferentes cenários e necessidades, como o controle da doença de Haff.

É importante que mais estudos sejam realizados no intuito de aprofundar a análise dos dados que serão coletados, aprimorar os modelos de previsão e investigar a eficácia do SAP em diferentes cenários de inundação.

A colaboração entre pesquisadores, órgãos governamentais como a defesa civil e comunidades locais também são fundamentais para o desenvolvimento de estratégias de gerenciamento de risco mais eficazes e resilientes, visando à proteção da vida e do patrimônio frente aos desafios crescentes das mudanças climáticas e da ocupação urbana desordenada.

Créditos

Alexandre Nuernberg¹ – conceptualização, pesquisa, metodologia, software, redação - revisão e edição.

Sergio Augusto Bitencourt Petrovic² – administração do projeto, supervisão, revisão.

Referências:

da Silva, R. M., Moreira, V. S., Lopes, A. B., Araújo, P. V. D. N., & Cortes, A. F. (2020). High-accuracy methodological proposal for delimitation of urban flooding areas: A case study in the Itaqui-RS, Brazil. *Anuario Do Instituto de Geociencias*, 43(2), 263–276. https://doi.org/10.11137/2020_2_263_276

dos Santos, L. A. (2023). Análise da cota do nível do Rio do Peixe no perímetro urbano do município de Caçador/SC [UNIARP]. In *Universidade Alto Vale do Rio do Peixe* (Vol. 4, Issue 1). https://acervo.uniarp.edu.br/?tcc_graduacao=analise-da-cota-do-nivel-do-rio-do-peixe-no-perimetro-urbano-do-municipio-de-cacador-sc

Perera, D., Seidou, O., Agnihotri, J., Mehmood, H., & Rasmy, M. (2020). Challenges and technical advances in flood early warning systems (FEWSs). In *Flood impact mitigation and resilience enhancement*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.93069>

Rijal, M., Luo, P., Mishra, B. K., Zhou, M., & Wang, X. (2024). Global systematical and comprehensive overview of mountainous flood risk under climate change and human activities. In *Science of the total environment* (Vol. 941). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173672>

Salles, C. A. C. Junior, Soler, A. M., do Valle, J. A. S., Rabechini Junior, R., & da Avaliação, T. (2010). *Gerenciamento de riscos em projetos* (FGV (ed.); 2nd ed.). FGV. https://www.cblservicos.org.br/isbn/pesquisa/?page=1&q=9788522508143&filtrar_por%5B0%5D=todos&ord%5B0%5D=relevancia&dir%5B0%5D=asc