

Construção de uma ferramenta educacional para monitoramento de recursos hídricos integrando sensores e microcontroladores de baixo custo

Caroline De Boer Dias¹, Tiago Antônio Rizzetti¹, Dimitry Carrier Nunes¹

¹Colégio Técnico Industrial de Santa Maria– Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
Santa Maria – RS – Brasil

caroline.dias@ufsm.br, rizzetti@ctism.ufsm.br, dimitry.nunes@acad.ufsm.br

Abstract. *This work presents a low-cost water monitoring system based on the integration of ultrasonic and temperature sensors with an ESP32 microcontroller. The prototype simultaneously monitors water levels and temperature variations, providing data that enhances water resource analysis. Data is transmitted via LoRa to MQTT, processed by Telegraf, and stored in InfluxDB. Real-time visualization is handled through Grafana, ensuring data accessibility. Experimentally validated, the system demonstrated an average error of 3.5%, proving its technical viability. This solution offers a path for environmental education, combining low cost with high reliability.*

Resumo. *Este trabalho apresenta um sistema de baixo custo para monitoramento hídrico baseado na integração de sensores ultrassônicos e de temperatura a um microcontrolador ESP32. O protótipo monitora simultaneamente a lâmina d'água e a variação de temperatura, fornecendo dados que qualificam a análise do recurso hídrico. Os dados são transmitidos via LORA para o MQTT e processados no Telegraf sendo armazenados no InfluxDB. A visualização ocorre em tempo real no Grafana, garantindo acessibilidade às informações. Validado experimentalmente, o sistema apresentou erro médio de 3,5%, demonstrando viabilidade técnica. A solução é um caminho para educação ambiental, unindo baixo custo e confiabilidade.*

1. Introdução

O avanço das tecnologias digitais no espaço escolar tem se mostrado determinante para renovar práticas pedagógicas e ampliar o engajamento dos estudantes nos processos de aprendizagem. Dispositivos de baixo custo, como sensores, microcontroladores e ambientes de programação simplificada, vêm sendo incorporados em iniciativas educacionais com a finalidade de estimular a autonomia, a criatividade e o raciocínio analítico dos alunos, mesmo em contextos onde há restrições de infraestrutura (DOS SANTOS e DE CAMARGO, 2024). Tais recursos contribuem para experiências práticas e contextualizadas, favorecendo ambientes colaborativos em que professores e estudantes compartilham responsabilidades e protagonismo (TABUENCA et al., 2023).

Na área da Educação Ambiental (EA), a adoção de tecnologias emergentes abre espaço para fortalecer a formação cidadã e ampliar a compreensão crítica sobre os desafios ecológicos atuais. Desde a instituição da Política Nacional de Educação Ambiental (BRASIL, 1999), tornou-se obrigatória a inclusão dessa temática nos currículos da

educação básica, profissional e superior. Contudo, ainda persistem lacunas na integração entre a formação técnica e a consciência socioambiental, o que evidencia a necessidade de práticas interdisciplinares capazes de articular saberes científicos, sociais e tecnológicos (JÚNIOR et al., 2024).

Projetos que utilizam sensores e microcontroladores para monitoramento ambiental têm demonstrado grande potencial para aproximar os estudantes de problemas concretos, como a avaliação da qualidade da água em rios e córregos próximos às comunidades escolares (HOTALING et al., 2012). Essas experiências permitem que os alunos observem, coletem e interpretem dados ambientais, desenvolvendo competências técnicas ao mesmo tempo em que fortalecem valores de responsabilidade e participação social (ZAGO et al., 2021).

Neste contexto, o presente trabalho apresenta o desenvolvimento de uma ferramenta educacional de baixo custo voltada ao monitoramento de recursos hídricos, fundamentada na integração de sensores a microcontroladores. A proposta articula ciência, tecnologia e cidadania ao tratar de dois parâmetros essenciais: a altura da lâmina d'água, monitorada via sensor ultrassônico para a compreensão da dinâmica hidrológica, e a temperatura da água, utilizada como um indicador de qualidade ambiental. Enquanto o nível permite o cálculo de vazão e a observação de eventos extremos, a temperatura influencia diretamente as propriedades químicas e biológicas do ecossistema, alterando o metabolismo de organismos e a toxicidade de poluentes, conforme os critérios da Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005).

2. Objetivos

O propósito deste trabalho é construir e testar uma solução capaz de acompanhar continuamente parâmetros hidrológicos de quantidade e qualidade da água, especificamente a altura da lâmina d'água a vazão e a temperatura, utilizando sensores eletrônicos integrados a um microcontrolador. Além disso, a proposta é fazer o uso de equipamentos de baixo custo e uma arquitetura de rede de longo alcance e baixo consumo tanto por custos elevados de sistemas comerciais quanto pela praticidade de incorporação em diferentes locais que possam se aproveitar do monitoramento.

Buscamos, também, examinar a qualidade das medições produzidas, considerando aspectos como estabilidade, repetibilidade e fidelidade em relação a valores de referência obtidos em experimentos controlados e em observações de campo. Essa análise envolve o cálculo de métricas estatísticas que permitem quantificar o desempenho do equipamento em situações reais de uso. A partir dessa avaliação, pretende-se consolidar uma base técnica que apoie iniciativas futuras de educação ambiental no Colégio Técnico Industrial de Santa Maria - UFSM, estimulando estudantes dos cursos técnicos integrados a explorar fenômenos hidrológicos e compreender sua relação com o ambiente em que vivem, especialmente pela proximidade da escola com um recurso hídrico já degradado pela ação humana.

3. Metodologia

A etapa experimental consistiu na implementação de um microcontrolador ESP32 Heltec LoRa, integrado ao sensor ultrassônico JSN-SR04T e o sensor de temperatura DS18B20. O firmware foi desenvolvido para realizar a aquisição de sinais em intervalos de 120

As mensagens decodificadas são publicadas em um Broker MQTT, adotado para garantir a escalabilidade entre a coleta e o processamento no servidor. Como middleware de integração, utilizamos o Telegraf, configurado para subscrever aos tópicos MQTT da TTN. O agente traduz os dados brutos para o protocolo de linha (Line Protocol) exigido pelo banco de dados, reduzindo a sobrecarga de processamento no servidor de armazenamento ao estruturar as métricas antes da ingestão.

O armazenamento ocorre no InfluxDB, um banco de dados de séries temporais (TSDB) selecionado para suportar alta frequência de escrita e consultas indexadas no tempo. Os dados são organizados em baldes (buckets) e medições (measurements) para três variáveis: nível do rio, temperatura e vazão. Essa modelagem permite que a busca otimize a recuperação das séries históricas, facilitando análises de tendência sazonal e auxiliando na correção de medidas incorretas por meio da comparação com o histórico acumulado.

Na camada final, a plataforma Grafana conecta-se ao InfluxDB via consultas em linguagem Flux. A ferramenta transforma os registros armazenados em painéis dinâmicos, funcionando como um recurso pedagógico de educação ambiental ao permitir a correlação visual imediata entre os diferentes parâmetros hidrológicos monitorados. O funcionamento integrado das etapas de coleta, processamento, armazenamento e visualização está esquematizado na Figura 2.



Figura 2. Esquemático do sistema de aquisição de dados (fonte: os autores).

A validação do projeto ocorreu por meio de testes práticos na bacia-escola da UFSC. Durante essa etapa, os dados registrados pelos sensores de nível (ultrassônico) e de temperatura foram comparados com medições manuais de referência para verificar a precisão do sistema. Essa comparação direta permitiu confirmar se o equipamento estava operando corretamente em condições reais de campo. Para avaliar a confiabilidade das leituras, foram utilizados indicadores estatísticos como o Erro Médio Absoluto (MAE) e os limites de erro percentual. Esses parâmetros ajudaram a identificar como as variações do ambiente influenciam o funcionamento dos sensores.

4. Resultados e Discussão

Os resultados da medição de nível e posterior cálculo da vazão operaram de forma satisfatória mesmo sob condições de escoamento turbulento. Em canais abertos e rios a turbulência é característica do escoamento, entretanto ela se concentra no interior do fluido, não sendo visivelmente aparente na superfície onde as medições são realizadas (MUNSON, 2004). Durante os testes de campo, os dados registrados pelo sistema apresentaram correlação com as medições de referência realizadas manualmente com régua graduada com o valor de 3,2 cm enquanto o sensor marcava valor médio de 3,23 cm. Essa concordância entre os valores eletrônicos e os manuais confirma a confiabilidade do método proposto e a viabilidade da utilização para fins educacionais, mesmo em ambientes com fluxo dinâmico e permite calcular a vazão no local com o valor de 22,5 L/s.

O sensor de temperatura também apresentou resultado satisfatório já que é um equipamento semelhante àquele utilizado comercialmente para medições (OKPARA, 2020). A medida realizada pelo sensor comercial foi de 26°C em média enquanto pelo equipamento construído foi de 26,1°C em média. Essa temperatura reflete bem a característica do local, já que se trata de um recurso com pouco volume de água e baixa vazão. A figura 3 mostra o local e como os sensores foram posicionados.



Figura 3. Local dos Experimentos (fonte: os autores).

A análise experimental revelou, para o sensor ultrassônico um MAE de 0,11 cm e um RMSE de 0,14 cm, evidenciando uma baixa dispersão geral nas leituras do sensor. Durante os testes, os valores extremos identificados foram $\max = 3,46\text{cm}$ e $\min = 2,96\text{cm}$. Considerando a operação do sistema, o erro médio de cerca de 3,5% reflete uma precisão percentual satisfatória para atividades de monitoramento. Tais índices de variação estão em conformidade com a literatura técnica (ANDANG, 2019), que estipula erros de 1% a 3% para este tipo de equipamento sujeito a pequenas oscilações de superfície e reflexão.

A camada de apresentação do sistema foi estruturada na plataforma Grafana, que atua como a interface central de monitoramento, exibindo em tempo real as variações de nível hídrico, vazão e temperatura de forma dinâmica e organizada. A integração direta com o banco de dados InfluxDB assegura que as informações coletadas via rede LoRa sejam atualizadas instantaneamente nos dashboards, permitindo uma interpretação imediata dos fenômenos observados. A plataforma também facilita expansão do sistema, tanto para outros pontos de monitoramento quanto para a aquisição de outros sensores de mesmo contexto ambiental. Isso torna o sistema uma ferramenta eficiente para o acompanhamento contínuo dos parâmetros ambientais e para o suporte a futuras atividades de educação ambiental.

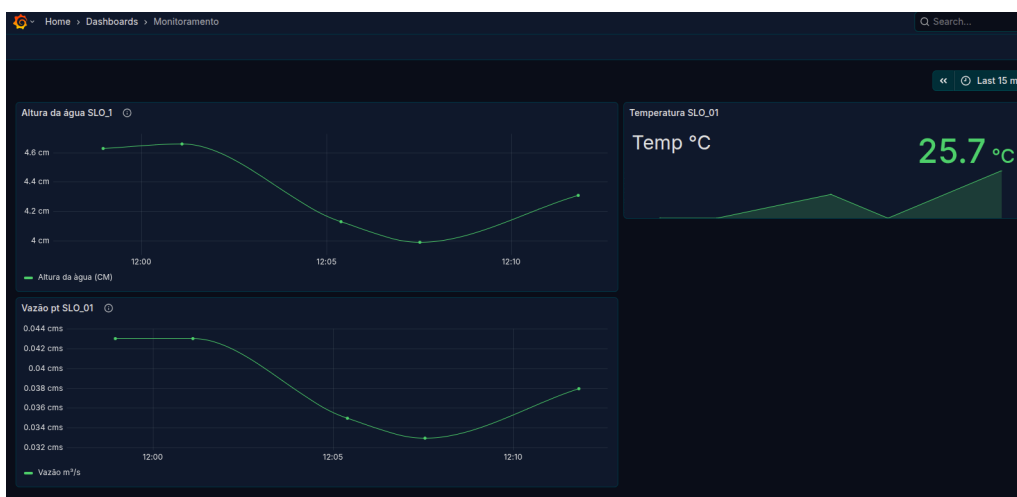


Figura 4. Painel para visualização de dados (fonte: os autores).

Embora o protótipo tenha apresentado resultados satisfatórios, com um erro médio de aproximadamente 3,5%, é importante considerar que sensores ultrassônicos possuem limitações intrínsecas devido à sua sensibilidade às variações do meio. A literatura técnica ressalta que variáveis como a temperatura do ar e da água alteram diretamente a velocidade de propagação do som, o que pode introduzir flutuações nas medições de distância, especialmente em monitoramentos de longa duração. Elementos físicos externos como a presença de vegetação flutuante, espumas superficiais, detritos ou a agitação da lâmina d'água provocada pelo vento que podem dispersar o sinal e dificultar o retorno preciso do pulso ao sensor (FOLETTTO, 2025).

A inclusão de um sensor de temperatura agrega uma camada importante de qualidade ao monitoramento, permitindo que o sistema colete um conjunto de dados ambientais mais completos. Ao registrar as variações térmicas simultaneamente ao nível da

água, o sistema oferece uma análise multivariada que qualifica o diagnóstico do recurso hídrico com sensores de fácil implementação. Essa característica reforça a robustez do dispositivo, demonstrando que ferramentas de baixo custo podem fornecer informações integradas para o estudo das condições climáticas locais.

Embora sistemas de monitoramento baseados em IoT possuam grande presença na literatura, a principal contribuição deste trabalho não reside na originalidade do arranjo de hardware em si, mas na sua concepção como uma ferramenta pedagógica interdisciplinar, de baixo custo e alta reprodutibilidade. A integração de microcontroladores e sensores acessíveis tem como foco permitir o acesso a tecnologias de monitoramento ambiental, reunindo conceitos de engenharia e ciências de dados para o contexto da educação ambiental.

Como perspectivas futuras, o projeto está em fase de expansão na coleta de dados em campo, buscando consolidar séries históricas mais longas para análises sazonais de longo prazo e estudo de tendências hidrológicas. Adicionalmente, planejamos realizar uma validação experimental em ambiente controlado no Laboratório de Hidráulica da instituição, utilizando um canal fixo para refinar a calibração dos sensores e avaliar as incertezas de medição sob diferentes regimes de vazão. No âmbito de evolução do sistema, estudamos criar a configuração de rotinas de alertas automatizados na plataforma Grafana para sinalizar elevações críticas no nível da água ou falhas de comunicação.

Referências

- ANDANG, A., HIRON, N., CHOBIR, A., and BUSAERI, N. (2019). Investigation of ultrasonic sensor type jsn-srt04 performance as flood elevation detection. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, volume 662 of *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, page 012018, IOP Publishing.
- BRASIL (1999). Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 1, 28 abr. 1999.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA (2005). *Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica (2025). Secretaria de educação profissional e tecnológica (setec/mec). Disponível em: [https://www.gov.br/mec/...](https://www.gov.br/mec/) Acesso em: 26 jun. 2025.
- DOS SANTOS, Lucas Matias; DE CAMARGO, V. S. (2024). Desenvolvimento de uma estufa inteligente utilizando a plataforma arduino no contexto da educação 5.0. *Monumenta-Revista Científica Multidisciplinar*, 9(9).
- Foletto, A. V. K. (2025). *Metodologia para aferição do nível de canais fluviais por meio de sensores de distância*. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo.
- HOTALING, L. e. a. (2012). Sense it: Teaching stem principles to middle and high school students through the design, construction and deployment of water quality sensors. *Advances in Engineering Education*, 3(2):n2.

- JUNIOR, A. L. B., CUNHA, J. P. d., LIMA, M. d. S. X. d., and SILVA, M. R. d. L. d. (2024). Educação ambiental e para sustentabilidade no ensino médio: uma revisão sistemática. *Caderno Pedagógico*, 21(6):e4628–e4628.
- Kang, S., David, J., Yang, S., Yu, J., and Ham, Y. (2021). Energy-efficient ultrasonic water level detection system with dual-target monitoring. *Sensors*, 21(6):2241.
- MACHADO, A. A. and ZAGO, M. R. R. d. S. (2020). Articulações entre práticas de educação ambiental, robótica e cultura maker no contexto das aulas de laboratório de ciências. *Tecnologias, sociedade e conhecimento*, 7(2).
- Munson, B. R., Young, D. F., and Okiishi, T. H. (2004). *Fundamentos da mecânica dos fluidos*. Editora Blucher.
- Ndunagu, J. N. et al. (2022). Development of a wireless sensor network and iot-based smart irrigation system. *Applied and Environmental Soil Science*, 2022(1):7678570.
- Okpara, C. R., Idigo, V. E., and Oguchienti, S. M. (2020). Wireless sensor networks for environmental monitoring: A review. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 68(1):68–71.
- Sanchez, O. T. et al. (2023). Private lorawan network gateways: Assessment and monitoring in the context of iiot-based management. *Engineering Proceedings*, 47(1):4.
- TABUENCA, B. e. a. (2023). Generating an environmental awareness system for learning using iot technology. *Internet of things*, 22.
- Wijeratne, L. O. et al. (2025). The design and deployment of a self-powered, lorawan-based iot environment sensor ensemble for integrated air quality sensing and simulation. *Air*, 3(1):9.
- ZAGO, M. R. R. S., VAZ, A. C. N., da CRUZ, M. A. L., PEREIRA, W. L., and KRELLING, L. M. (2021). Ações da educação ambiental: Reflexões e práticas na escola. *Tecnologias, sociedade e conhecimento*, 8(1).