

Monitoramento ambiental e hidrológico com sistema integrado escalável de múltiplos sensores em rede de longo alcance e baixa potência na Reserva Caruara

Thiago Rodrigues Faria¹, Vicente de Paulo Santos de Oliveira², Thiago Moreira de Rezende Araújo³, Jader Lugon Junior⁴, William da Silva Vianna⁵

(1) Aluno doutorando do AMBHIDRO – IFFLUMINENSE; (2) Pesquisador Orientador - AMBHIDRO – IFFLUMINENSE; (3) Pesquisador Orientador - AMBHIDRO – IFFLUMINENSE (4) Coordenador do curso de doutorado AMBHIDRO – IFFLUMINENSE (5) Professor tutor do projeto – IFFLUMINENSE

O monitoramento ambiental em tempo real é crucial para a gestão sustentável de recursos hídricos e mitigação climática, especialmente em regiões remotas com desafios de conectividade. Este trabalho apresenta o desenvolvimento e implementação de um sistema inovador de monitoramento hidrometeorológico na Reserva Caruara, focado na Lagoa de Iquipari, buscando fornecer informações em tempo real e de baixo custo. Baseado em tecnologias de Internet das Coisas (IoT) e redes de Baixa Potência e Longo Alcance (LPWANs), o sistema foi desenvolvido com hardware de baixo custo (microcontroladores ESP32, módulos LoRa SX1276) e software de código aberto (Node-RED para dashboard, PostgreSQL para banco de dados). Dispositivos de campo discretos e sustentáveis foram estrategicamente instalados, transmitindo dados via The Things Network (TTN) e superando desafios em áreas remotas, com infraestrutura de proteção adaptada para otimizar desempenho e longevidade. Os dispositivos, já operacionais, coletam e disponibilizam em tempo real parâmetros hidrometeorológicos abrangentes – incluindo nível e temperatura da água, pluviometria, temperatura, pressão e umidade ambiente, direção e velocidade do vento – via interface web personalizada (ioteservacaruara.org/ui) e APIs para integração sistêmica. A inovação central reside na robustez da rede LoRaWAN em ambientes desafiadores, no design sustentável dos sensores e na plataforma de código aberto que garante escalabilidade, adaptabilidade e custo-efetividade. Um projeto piloto bem-sucedido com o Projeto Tamar, monitorando ninhos de tartarugas marinhas, exemplifica a versatilidade e o potencial de transferência tecnológica desta abordagem. O sistema apoia diretamente os ODS 6 (Água Limpa e Saneamento), 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) e 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima), aprimorando significativamente a gestão ambiental e hídrica.

Palavras-chave: monitoramento ambiental. internet das coisas. LoRaWAN.

Instituição de Fomento: CNPq, RPPN Caruara

Environmental and hydrological monitoring with scalable integrated multi-sensor system in a long-range low-power network in Reserva Caruara

Thiago Rodrigues Faria¹, Vicente de Paulo Santos de Oliveira², Thiago Moreira de Rezende Araújo³, Jader Lugon Junior⁴, William da Silva Vianna⁵

(1) PhD student of AMBHIDRO – IFFLUMINENSE; (2) Research Advisor - AMBHIDRO – IFFLUMINENSE; (3) Research Advisor - AMBHIDRO – IFFLUMINENSE
(4) Coordinator of the AMBHIDRO PhD course – IFFLUMINENSE (5) Project tutor professor – IFFLUMINENSE

Real-time environmental monitoring is crucial for sustainable water resource management and climate change mitigation, especially in remote regions facing connectivity challenges. This work presents the development and implementation of an innovative, integrated hydrometeorological monitoring system in the Caruara Reserve, specifically focusing on Iquipari Lagoon, aiming to provide real-time, low-cost information. Based on Internet of Things (IoT) technologies and Low-Power Wide-Area Networks (LPWANs), the system was developed using low-cost hardware (ESP32 microcontrollers, LoRa SX1276 modules) and open-source software (Node-RED for dashboard, PostgreSQL for database). Discreet and sustainable field devices were strategically installed, transmitting data via The Things Network (TTN) and overcoming challenges in remote areas, with environmental protection infrastructure adapted to optimize performance and longevity. The currently operational devices collect and provide comprehensive real-time hydrometeorological parameters—including water level and temperature, pluviometry, ambient temperature, pressure and humidity, wind direction and speed—via a personalized web interface (ioteservacaruarua.org/ui) and APIs for systemic integration. The core innovation lies in the robustness of the LoRaWAN network in challenging environments, the sustainable sensor design, and the open-source platform ensuring scalability, adaptability, and cost-effectiveness. A successful pilot project with Projeto Tamar, monitoring sea turtle nests, exemplifies the versatility and technological transfer potential of this approach. The system directly supports SDGs 6 (Clean Water and Sanitation), 11 (Sustainable Cities and Communities), and 13 (Climate Action), significantly enhancing environmental and water management.

Keywords: environmental monitoring. internet of things. LoRaWAN.

Support: CNPq, RPPN Caruara