Anais do Congresso Brasileiro de Iniciação Científica
(https://periodicos.unisanta.br/COB)

ISSN 2317-1316

SISTEMA DE MEDIÇÃO EM TEMPO REAL DE PARÂMETROS DE ÁGUA EM PISCINAS PROFISSIONAIS

REAL-TIME MEASUREMENT SYSTEM FOR WATER PARAMETERS IN PROFESSIONAL POOLS

Matheus Ganança Garcia, Thiago Taveira Fernandes Amorim Justo, Vinicius Rodrigues Morão, Yuri Silva Cruz Storino

Universidade Santa Cecília, Faculdade de Engenharia, Curso de Engenharia da Computação
E-mail para contato: mg214664@alunos.unisanta.br, tj204495@alunos.unisanta.br, vm217868@alunos.unisanta.br, storino@unisanta.br

RESUMO – A qualidade da água em piscinas profissionais é essencial para garantir a segurança dos usuários, porém o monitoramento dos parâmetros da água ainda é realizado por meio de medições manuais e periódicas. Diante desse cenário, este trabalho tem como objetivo desenvolver e validar um sistema com Internet das Coisas para monitoramento do pH, potencial de oxirredução e temperatura. Integrando os sensores junto a um microcontrolador ESP32-C3 e um módulo de comunicação LoRaWAN. Na validação, os dados coletados pelos sensores foram enviados para um banco de dados temporal, apresentados em um dashboard com visualização em tempo real, geração de relatórios e alertas. Dessa forma, o sistema apresentou viabilidade para automatizar o processo e apoiar a decisão baseada em dados.

Palavras-chave: Internet das Coisas; monitoramento; qualidade da água; automação.

ABSTRACT – Water quality in professional pools is essential to ensure user safety. However, the monitoring of water parameters is still carried out through manual and periodic measurements. Given this scenario, this study aims to develop and validate an Internet of Things system for monitoring pH, oxidation-reduction potential, and temperature by integrating sensors with an ESP32-C3 microcontroller and a LoRaWAN communication module. During validation, the data collected by the sensors were sent to a time-series database and displayed on a dashboard featuring real-time visualization, report generation, and alerts. Consequently, the system demonstrated feasibility in automating the process and supporting data-driven decision-making.

Keywords: *Internet of Things; monitoring; water quality; automation.*

ISSN 2317-1316

1 INTRODUÇÃO

A qualidade da água em piscinas profissionais representa um fator essencial para a segurança, conforto e o bem-estar dos usuários. Em ambientes profissionais, o controle dos parâmetros da água é fundamental para proporcionar condições adequadas aos atletas e auxiliar na manutenção da qualidade da água. A World Aquatics, antiga *Fédération Internationale de Natation* (FINA), é a entidade internacional responsável pela regulamentação de modalidades aquáticas, estabelecendo requisitos relacionados às competições e às instalações oficiais (WORLD AQUATICS, 2026).

Os parâmetros considerados neste trabalho são a temperatura, o potencial hidrogeniônico (pH) e o potencial de oxirredução (ORP). A temperatura da água representa um parâmetro relevante para as condições de utilização de piscinas, estando relacionada ao conforto e à segurança dos usuários. O pH interfere na influência sobre a eficiência da desinfecção da água e sobre o conforto dos usuários, devendo ser mantido em uma faixa adequada. O ORP está relacionado à capacidade oxidante da água e pode ser utilizado como indicador das condições de desinfecção (CDC, 2024).

Apesar da importância desses parâmetros, os procedimentos de medição manual ainda são utilizados no acompanhamento da qualidade da água, nos quais amostras são coletadas e analisadas periodicamente por operadores. Esse procedimento apresenta limitações quanto à frequência das medições e à dificuldade de acompanhar continuamente as alterações nas condições da água. Além disso, a realização manual das análises está sujeita a erros operacionais, depende da disponibilidade dos operadores e pode ocasionar atrasos na identificação de alterações, dificultando as ações corretivas em tempo adequado (ZAINURIN et al., 2022).

Nesse contexto, a Internet das Coisas (IoT) permite automatizar processos de monitoramento, possibilitando a coleta, o processamento e a disponibilização remota de informações em tempo real, o que reduz a dependência de medições manuais e possibilita o rastreamento histórico dos dados coletados (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010). A partir disso, a implementação de um sistema IoT para monitoramento contínuo dos parâmetros de temperatura, pH e ORP possibilitou a detecção mais rápida e frequente de alterações nos parâmetros da qualidade da água.

ISSN 2317-1316

O presente trabalho teve como objetivo desenvolver um sistema IoT para o monitoramento contínuo da qualidade da água de piscinas profissionais.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi caracterizado como uma pesquisa experimental, voltada ao desenvolvimento e à validação de um sistema de monitoramento contínuo de parâmetros da qualidade da água em piscinas. A pesquisa foi estruturada em etapas de desenvolvimento do *hardware*, implementação da comunicação, desenvolvimento da plataforma web, calibração dos sensores e realização de testes experimentais para avaliação do funcionamento do sistema integrado.

O *hardware* foi desenvolvido utilizando um microcontrolador ESP32-C3 como responsável pelo processamento dos dados coletados. Para obtenção dos dados, foram utilizados três sensores. O sensor DS18B20 para medição de temperatura, o módulo PH4502C para medição do potencial hidrogeniônico (pH) e o sensor SEN0165 para medição do potencial de oxirredução. Após a confirmação do funcionamento adequado, foi projetada e fabricada uma placa de circuito impresso destinada à integração definitiva dos dispositivos.

A comunicação dos dados foi realizada utilizando o protocolo LoRaWAN, operando na faixa de 915 MHz, em conformidade com as diretrizes da ANATEL para equipamentos de radiocomunicação. A transmissão das informações enviadas pelo módulo EndDevice LoraWAN Radioenge e coletadas por um *gateway* LoraWAN Radioenge responsável pelo encaminhamento dos dados. Após a recepção, as medições foram enviadas ao banco de dados InfluxDB pelo *plugin* Telegraf através do protocolo MQTT (RADIOENGE, 2024; INFLUXDATA, 2024).

Quanto à plataforma *web*, o *backend* foi implementado em Java com o Spring Boot, responsável pelo processamento das informações, autenticação dos usuários e disponibilização dos serviços de acesso aos dados. O *frontend* foi desenvolvido em Angular, *framework* baseado em TypeScript, permitindo a visualização das informações e atualizações em tempo real. Para gerenciamento dos usuários e níveis de acesso foi utilizado o banco de dados relacional MySQL. A atualização contínua dos dados entre servidor e interface foi realizada através do protocolo WebSocket (SPRING, 2025; ANGULAR, 2025).

ISSN 2317-1316

O encapsulamento foi modelado no Autodesk Fusion e impresso na impressora 3D Bambu Lab Carbon X1. O material selecionado foi o filamento ASA, devido à sua resistência mecânica e adequação para ambientes úmidos e expostos à iluminação solar. Na vedação, empregou *O-rings* e prensa-cabos, para minimizar a infiltração de água e aumentar a resistência do equipamento.

A etapa de validação experimental foi dividida em testes de funcionamento, calibração e integração. Inicialmente foram realizados testes individuais dos sensores e do microcontrolador para verificar o funcionamento de ambos. Posteriormente, o sensor de temperatura foi calibrado por comparação direta com solução de referência, enquanto os sensores de pH e ORP foram calibrados utilizando soluções padrão certificadas. As leituras obtidas foram comparadas com os valores de referência para verificar a precisão das medições.

Após a calibração, foram realizados testes integrados envolvendo a aquisição dos dados, transmissão via LoRaWAN, armazenamento em banco de dados e exibição na plataforma *web*. Também foram conduzidas avaliações do encapsulamento e da fixação mecânica dos componentes.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os primeiros testes realizados com o microcontrolador ESP32-C3 permitiram verificar o funcionamento da placa, como portas de conexão, botões e LEDs. Também foi verificada a capacidade de programação e execução dos códigos desenvolvidos para o sistema.

Durante os testes de calibração utilizando soluções de referência, os sensores atenderam os requisitos estabelecidos para o projeto. O sensor DS18B20, responsável pela medição da temperatura, apresentou estabilidade nas condições avaliadas. Nas condições testadas, foi observado desvio máximo de 0,5 °C em relação ao valor de referência, conforme mostrado na Tabela 1. Nos ensaios realizados com água resfriada, foram obtidas leituras entre 9,5 °C e 10,4 °C. Na avaliação com água aquecida a 40 °C, o erro observado foi de até 0,3 °C. Indicando que o sensor apresentou uma variação reduzida nas condições testadas, sendo adequado para a aplicação proposta.

ISSN 2317-1316

Tabela 1. Valores obtidos durante teste de calibração do sensor de temperatura.

Temperatura Referência	Valores				
10 ºC	9,5 ºC	10,2 ºC	10,4 ºC	10,2 ºC	10,1 ºC
25 ºC	24,9 ºC	25,1 ºC	24,9 ºC	25,0 ºC	25,2 ºC
40 ºC	40,1 ºC	39,8 ºC	40,2 ºC	40,0 ºC	40,2 ºC

Para o módulo de pH, os ensaios foram realizados após o procedimento de calibração com soluções-tampão de referência. Na solução de pH 4,0, o sistema apresentou leituras entre 4,0 e 4,1. Para a solução de pH 7,0, foram obtidos valores entre 6,9 e 7,0, enquanto na solução de pH 10,0 as leituras permaneceram entre 9,9 e 10,1. Dessa forma, a maior diferença observada em relação aos valores de referência foi de 0,1 unidade de pH. A pequena amplitude das variações indicou comportamento estável nas condições de calibração avaliadas.

Tabela 2. Valores obtidos durante teste de calibração do sensor de pH.

Solução Padrão	Valor de referência	Valor medido	Diferença máxima
Ácida	4,0	4,0 - 4,1	0,1
Neutra	7,0	6,9 - 7,0	0,1
Alcalina	10,0	9,9 - 10,1	0,1

A validação do sensor de potencial de oxirredução (ORP) foi realizada utilizando uma solução padrão de 229 mV e 476 mV como referência. Durante o ensaio, foram obtidas leituras estáveis, com erro máximo de 0,7 mV em relação aos valores de referência. O resultado indica que o sensor apresentou uma resposta próxima ao padrão utilizado na calibração, indicando sua aplicabilidade ao monitoramento do parâmetro proposto.

ISSN 2317-1316

Tabela 3. Valores obtidos durante teste de calibração do sensor de ORP.

Solução	**Valores**				
229 mV	228,6 mV	229,7 mV	229,4 mV	228,8 mV	229,2 mV
476 mV	476,3 mV	475,8mV	476,1 mV	476,2 mV	475,9 mV

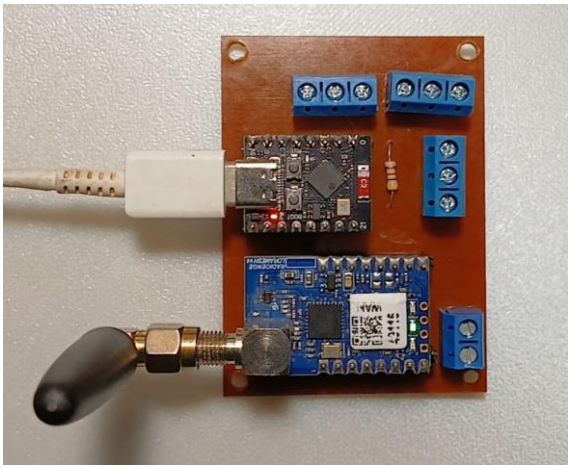
A placa de circuito impresso (PCI) desenvolvida apresentou funcionamento adequado, sem ocorrência de empenamentos ou falhas aparentes nas trilhas e nas ilhas de soldagem. Nos testes integrados, a PCI operou simultaneamente com o ESP32-C3 e os sensores de temperatura, pH e ORP, sem ocorrência de falhas durante os testes realizados.

O encapsulamento produzido em filamento ASA apresentou integridade estrutural durante os testes realizados. Os ensaios de vedação indicaram funcionamento adequado dos anéis de vedação (O-rings), mantendo os componentes internos protegidos contra a entrada de água nas condições avaliadas. Os componentes internos também permaneceram fixados durante os ensaios. O sistema de fixação por ventosa foi submetido a uma carga de 1 kg durante dois dias consecutivos, sem ocorrência de desprendimento ou falha estrutural.

Os testes de comunicação demonstraram o funcionamento da integração entre o microcontrolador ESP32-C3 e o módulo LoRaWAN. O ensaio foi realizado em um percurso de caminhada para validação de alcance, teve a duração total de 30 minutos. Durante esse período, o *hardware* foi programado para transmitir a cada 10 segundos, enviando um total de 180 pacotes de dados. O gateway de comunicação recebeu com sucesso todos os pacotes, registrando 0% de perda de dados em torno da piscina olímpica da Universidade Santa Cecília (UNISANTA). Esse comportamento indica que a comunicação apresentou estabilidade e alcance compatível com os requisitos exigidos.

ISSN 2317-1316

Figura 1: Placa final com ESP e LoRaWAN.



Os testes da plataforma *web* evidenciaram o funcionamento integrado dos serviços durante a execução em uma máquina virtual. O *backend* manteve comunicação com o banco de dados durante os ensaios realizados, inclusive nos testes de carga, sem ocorrência de falhas observadas durante o período de avaliação.

A integração entre os serviços também apresentou funcionamento adequado, permitindo a execução das funcionalidades de autenticação, gerenciamento de usuários e controle de permissões. As operações de promoção de usuários para administradores e exclusão de contas foram executadas conforme o comportamento esperado da aplicação.

De forma geral, os resultados obtidos demonstram que os principais componentes do sistema, sensores, circuito eletrônico, encapsulamento, comunicação LoRaWAN e plataforma web, apresentaram funcionamento integrado nas condições avaliadas. Os ensaios dos sensores demonstraram respostas próximas aos valores de referência utilizados, enquanto os testes de integração indicaram o funcionamento conjunto dos componentes necessários à aquisição, transmissão e disponibilização dos dados.

ISSN 2317-1316

Figura 2: Projeto encapsulado e finalizado.



4 CONCLUSÃO

O desenvolvimento e a validação experimental do sistema demonstraram a viabilidade da utilização de uma solução baseada em Internet das Coisas para o monitoramento contínuo de parâmetros relacionados à qualidade da água em piscinas profissionais. Os ensaios realizados apresentaram respostas próximas aos valores de referência para os sensores de temperatura, pH e ORP, enquanto os testes de integração demonstraram o funcionamento conjunto do *hardware*, da comunicação LoRaWAN, do armazenamento dos dados e da plataforma *web*. Além disso, os testes realizados com a placa de circuito impresso, o encapsulamento e o sistema de fixação apresentaram resultados adequados às condições avaliadas. Dessa forma, o sistema desenvolvido atendeu aos requisitos funcionais estabelecidos para a aquisição, transmissão, armazenamento e disponibilização dos parâmetros monitorados, constituindo uma alternativa para a automatização do acompanhamento da qualidade da água. Como continuidade do trabalho, pretende-se utilizar os dados obtidos pelo sistema no desenvolvimento de modelos de

ISSN 2317-1316

aprendizado de máquina, visando à predição dos parâmetros monitorados e à identificação antecipada de possíveis alterações nas condições da água.

5 DECLARAÇÃO DE USO DE IA

Durante a elaboração deste trabalho, utilizou-se a ferramenta Gemini 3.1 Pro com a finalidade de aprimorar a gramática e a clareza do texto. O conteúdo gerado foi revisado, adaptado e validado pelos autores, que assumem total responsabilidade pelo texto final.

6 REFERÊNCIAS

ANGULAR. Angular v17 Documentation. 2023. Disponível em: https://v17.angular.io/docs. Acesso em: 28 jul. 2026.

ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. The internet of things: A survey. Computer networks. 2010;54(15):2787-805. Acesso em: 15 jul. 2026.

INFLUXDATA. InfluxDB v2.7 Documentation. 2024. Disponível em: https://docs.influxdata.com. Acesso em: 20 ago. 2026.

RADIOENGE. Módulo LoRaWAN. 2024. Disponível em: https://www.radioenge.com.br/produto/modulo-lorawan/. Acesso em: 18 jun. 2026.

SPRING. Spring Boot Documentation. Disponível em: https://spring.io/projects/spring-boot. Acesso em: 8 ago. 2026.

WORLD AQUATICS. Competition Regulations (CR). Lausanne: World Aquatics. 2026. Disponível em: https://resources.fina.org/fina/document/2026/02/18/e6815ecc-06d9-4f0b-98e9-4c441cf5e6a3/2026-02-18_World-Aquatics_CR-Final.pdf. Acesso em: 6 jul. 2026.

WORLD AQUATICS. *World Aquatics Competition Regulations*. Lausanne: World Aquatics, 2026. Disponível em: https://www.worldaquatics.com/rules/competition-regulations. Acesso em: 12 ago. 2026.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC). *2024 Model Aquatic Health Code: code language*. 5. ed. Atlanta: CDC, 2024. Disponível em: https://www.cdc.gov/model-aquatic-health-code/media/pdfs/2024/11/5th-Ed-MAHC-Code-508.pdf. Acesso em: 17 jul. 2026.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC). *Home pool and hot tub water treatment and testing*. Atlanta: CDC, 2024. Disponível em: https://www.cdc.gov/healthy-

ISSN 2317-1316

swimming/about/home-pool-and-hot-tub-water-treatment-and-testing.html. Acesso em: 20 ago. 2026.

ZAINURIN, Siti Nadhirah et al. Advancements in monitoring water quality based on various sensing methods: a systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 19, n. 21, p. 14080, 2022. DOI: 10.3390/ijerph192114080. Acesso em: 20 ago. 2026.