

MONTAGEM DE UM SISTEMA AUTOMÁTICO DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA SER USADO EM ATIVIDADES DE PISCICULTURA: COM A UTILIZAÇÃO DO MICROCONTROLADOR ARDUINO

ASSEMBLY OF AN AUTOMATIC WATER QUALITY MONITORING SYSTEM FOR USE IN FISH FARMING ACTIVITIES USING THE ARDUINO MICROCONTROLLER

MONTAJE DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA SU USO EN ACTIVIDADES DE PISCICULTURA, UTILIZANDO EL MICROCONTROLADOR ARDUINO

Diego Raniere Nunes Lima¹
Renato Araújo da Costa²
Gustavo Francesco de Moraes Dias³
Ricardo Amorim de Deus⁴
Davi do Socorro Barros Brasil⁵

RESUMO: Este trabalho desenvolveu um sistema automático de monitoramento da qualidade da água para uso em atividades de piscicultura, baseado na montagem de um protótipo de baixo custo capaz de realizar medições em tempo real. A proposta fundamenta-se na automação como estratégia para obtenção de dados que auxiliem produtores na tomada de decisões relacionadas ao manejo da criação de peixes. Considerando que essas atividades ocorrem, em geral, em áreas rurais e remotas, o sistema foi projetado para funcionar de forma independente de energia elétrica e de conexão com a internet. A pesquisa adotou abordagem exploratória e quantitativa, com testes dos componentes eletrônicos e avaliação da precisão dos dados coletados. O sistema é composto por um microcontrolador Arduino para processamento das informações, sensores para coleta dos parâmetros, um display para visualização local, uma placa ESP32 integrada a uma rede LoRa para transmissão dos dados a dispositivos móveis e uma bateria como fonte de energia. Após os testes com os parâmetros de temperatura e pH, o sistema demonstrou capacidade de coletar e disponibilizar os dados em tempo real, tanto no local quanto remotamente. Dessa forma, o projeto contribui para a redução de perdas na produção, especialmente de alevinos, e para o uso mais eficiente da água, promovendo benefícios econômicos e ambientais.

Palavras-chave: Qualidade da água. Arduino. Piscicultura.

¹Professor Mestre, IFPA, Brasil.

²Professor Doutor, IFPA, Brasil.

³Professor Doutor, IFPA, Brasil.

⁴Professor Doutor, UFPA, Brasil.

⁵Professor Doutor, UFPA, Brasil.

ABSTRACT: This study developed an automatic water quality monitoring system for use in fish farming activities, based on the assembly of a low-cost prototype capable of performing real-time measurements. The proposal is grounded in automation as a strategy to obtain data that support producers in decision-making related to fish farming management. Considering that these activities generally take place in rural and remote areas, the system was designed to operate independently of grid electricity and internet connectivity. The research adopted an exploratory and quantitative approach, including testing of electronic components and evaluation of the accuracy of the collected data. The system consists of an Arduino microcontroller for data processing, sensors for parameter collection, a display for local visualization, an ESP32 board integrated with a LoRa network for data transmission to mobile devices, and a battery as the power source. After testing the temperature and pH parameters, the system demonstrated the ability to collect and provide data in real time, both locally and remotely. Thus, the project contributes to reducing production losses, especially of fingerlings, and to more efficient water use, promoting economic and environmental benefits.

Keywords: Water quality. Arduino. Fish farming (aquaculture).

RESUMEN: Este estudio desarrolló un sistema automático de monitoreo de la calidad del agua para su uso en actividades de piscicultura, basado en el montaje de un prototipo de bajo costo capaz de realizar mediciones en tiempo real. La propuesta se fundamenta en la automatización como estrategia para obtener datos que apoyen a los productores en la toma de decisiones relacionadas con el manejo de la producción piscícola. Considerando que estas actividades generalmente se desarrollan en zonas rurales y remotas, el sistema fue diseñado para funcionar de manera independiente de la red eléctrica y de la conexión a internet. La investigación adoptó un enfoque exploratorio y cuantitativo, que incluyó pruebas de los componentes electrónicos y la evaluación de la precisión de los datos recolectados. El sistema está compuesto por un microcontrolador Arduino para el procesamiento de la información, sensores para la recolección de parámetros, una pantalla para la visualización local, una placa ESP32 integrada a una red LoRa para la transmisión de los datos a dispositivos móviles y una batería como fuente de energía. Tras las pruebas de los parámetros de temperatura y pH, el sistema demostró capacidad para recolectar y proporcionar datos en tiempo real, tanto de forma local como remota. De este modo, el proyecto contribuye a la reducción de pérdidas en la producción, especialmente de alevines, y al uso más eficiente del agua, promoviendo beneficios económicos y ambientales.

Palabras clave: Calidad del agua. Arduino. Piscicultura (acuicultura).

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países que mais consomem pescado no mundo e também é um dos maiores produtores e exportadores deste tipo de carne, seja pescado do oriundo do mar, de rios

ou os produzidos em criatórios. Para Ribeiro et al. (2018, p. 2) “o Brasil em relação a produção de peixes é um país com grande potencial, devido às suas condições naturais favoráveis, além de ser possuidor de uma faixa costeira de aproximadamente 8.000 km com uma Zona Econômica Exclusiva (ZEE) de 3,5 milhões de km²”.

Os piscicultores contribuem para o desenvolvimento econômico do país, ao produzir alimentos de boa qualidade, e fortalecem principalmente o grupo dos pequenos produtores, sendo a piscicultura fonte de renda para diversas famílias. Porém, existem muitas barreiras que trazem problemas a esse mercado, dentre as quais destacamos a falta de assistência técnica e o manejo do uso da água, que pode prejudicar a produção e comprometer o meio ambiente.

Portanto, a qualidade da água tem um papel fundamental na criação de peixes, principalmente em seus estágios iniciais, por propiciar as condições necessárias para que alevinos se desenvolvam até atingir o tamanho e o peso ideais para a comercialização. A má qualidade da água pode acarretar problemas na produção e, em um cenário mais agravante, provocar a mortandade de peixes.

Por isso, se torna primordial realizar o monitoramento da qualidade da água nas atividades de piscicultura, pois alguns fatores físicos e químicos presentes no recurso hídrico utilizado precisam estar de acordo com os parâmetros necessários para a criação de peixes. O manejo incorreto pode afetar a produção do pescado, com a perda de produtividade e a mortandade das espécies de peixe.

De acordo com Santos et al. (2017) “as atividades de pisciculturas devem realizar um controle da qualidade da água preciso e rigoroso, pois qualquer erro cometido pode prejudicar o crescimento, podendo ocasionar doenças e até mesmo a morte dos peixes”. Na caracterização da qualidade da água são determinados diversos parâmetros, representando suas características físicas, químicas e biológicas.

O monitoramento da qualidade da água deve ser realizado constantemente para se garantir uma ótima produção. Segundo Santos et al. (2017) “os parâmetros são indicadores de qualidade da água, e se caso os seus valores sejam superiores ou inferiores ao que é estabelecido para tal finalidade, pode acarretar riscos”. Entretanto, o preço comercial dos equipamentos para a análise de água é elevado, impedindo que pequenos piscicultores tenham esses aparelhos e realizem as análises de água necessárias. Daí a importância de se criar um protótipo de baixo custo para realizar esse monitoramento.

Outra questão a ser levantada é a do lançamento de efluentes, em que o que é gerado em atividades de piscicultura provém do manejo do peixe e, quando os parâmetros físico-químicos analisados não são satisfatórios, há a necessidade de descartar determinada quantidade de água e inserir água com uma qualidade melhor. Esse efluente, que é rico em amônia (NH_3), pode vir a comprometer algum corpo hídrico que esteja próximo ao local da atividade, em função da concentração de amônia e da quantidade de efluente que seria lançado, o que pode provocar o fenômeno da eutrofização.

Conforme Macedo et al. (2018) “a eutrofização artificial (cultural ou antrópica) é induzida pelo homem e pode ter diferentes origens, como: efluentes domésticos, industriais, agrícolas, incluindo ainda os efluentes de sistemas de criação de organismos aquáticos”. Com a expansão da aquicultura, associada à produção de biomassa e ao aumento de nutrientes no meio aquático, há o risco de aceleração do crescimento de algas, alterando a ecologia do sistema aquático.

O produto objeto de pesquisa deste trabalho pode auxiliar os produtores no monitoramento da qualidade da água em seus tanques evitando perdas de produtividade.

Este estudo tem por finalidade desenvolver um protótipo de baixo custo, a fim de realizar o monitoramento automático da qualidade da água em atividades de piscicultura para pessoas que necessitam melhorar suas produções de pescado.

MÉTODOS

Este estudo teve como ênfase o desenvolvimento de um protótipo experimental para realizar o monitoramento automático da qualidade da água na atividade de piscicultura, com a finalidade de auxiliar produtores de pescado em tanque escavado ou caixa d'água no acompanhamento dos padrões de qualidade da água necessários para a criação de peixes. Foi proposto o monitoramento dos parâmetros temperatura e pH. A escolha destes se deu em função de serem importantes parâmetros e por serem de fácil uso no Arduino. Para outros dois, o oxigênio dissolvido e a amônia, não se identificaram sensores capazes de serem usados no sistema proposto.

No primeiro momento, foram feitas pesquisas bibliográficas para fomentar o conhecimento sobre o assunto pesquisado. Usaram-se as plataformas do Scielo Brasil e da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, a fim de buscar trabalhos acadêmicos,

revistas e artigos publicados que fornecessem embasamento teórico para o desenvolvimento do sistema eletrônico.

Posteriormente, foram selecionados os componentes eletrônicos necessários para montar o equipamento de monitoramento. Assim, houve por sequência a montagem, a programação dos códigos de leitura e o teste de funcionamento.

3.1 Componentes eletrônicos utilizados

Os componentes eletrônicos foram selecionados de acordo com sua interface com a placa de Arduino, ou seja, o qual podem ser ajustáveis a funcionar com esse microcontrolador de forma segura e correta para a aquisição dos dados desejáveis.

Sensor de Temperatura

O sensor de temperatura é um componente responsável por medir, em escala Celsius, a temperatura da água. Ele é inserido no meio aquático para informar os dados referentes ao aumento ou diminuição da temperatura. Esta informação possibilita a ação rápida do produtor de peixes em caso de mudanças bruscas de temperatura na água, auxiliando-o, assim, a evitar perdas de produção.

O modelo usado no projeto foi o sensor de temperatura DS18B20. Conforme a Casa da Robótica (2024), possui as seguintes características:

O sensor de temperatura digital DS18B20 é capaz de medir em graus Celsius, com resolução de 9-bit a 12-bit (configurável) e possui uma função de alarme programável em memória não volátil para valores abaixo ou acima das temperaturas desejadas. A comunicação é feita por 1-fio, ou seja, precisa apenas de 1 pino do microcontrolador para transferir os dados. Pode operar entre -55°C até $+125^{\circ}\text{C}$ e com precisão de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ se estiver operando dentro da faixa de -10°C até $+85^{\circ}\text{C}$. (Casa da robótica, 2023).

Sensor de pH

Este parâmetro é crucial para o monitoramento da qualidade da água para piscicultores, pois tanto o valor de pH baixo, quanto o valor alto podem acarretar perda de produção e contribuir para o aumento da amônia que, em excesso, torna-se prejudicial à criação de peixes.

No projeto, foi usado o Módulo Sensor + Ph Eletrodo Sonda Bnc | Sensor de Ph da Água. De acordo com a Casa da Robótica (2024), ele tem as seguintes características:

O Sensor de pH é um sensor muito funcional e prático desenvolvido especialmente para trabalhar em conjunto com microcontroladores, como Arduino ou até mesmo na ESP8266, PH significa potencial hidrogeniônico (quantidade de prótons H^+), possibilitando indicar a neutralidade, acidez ou mesmo a alcalinidade de uma solução líquida. O conjunto é formado por um Eletrodo PH e um módulo eletrônico que faz a intermediação com o Arduino, por exemplo, podendo o eletrodo ficar submerso no recipiente com água, ficando somente com o cabo exposto externamente. (Casa da robótica, 2024).

Arduino

O Arduino é um tipo de controlador digital capaz de realizar diversas formas de trabalhos inteligentes, ligando sensores para infinitas finalidades que poderão facilitar a vida do homem. Ele pode ser programado com seu próprio software Arduino, conforme as orientações dadas para realização de tarefas com base em sensores e códigos.

De acordo com o Baú da Eletrônica (2024), o Arduino Uno R3 é uma placa baseada no microcontrolador Tmega328, que possui as seguintes descrições:

O Arduino Uno R3 difere de todas as placas antecessoras no sentido de não utilizar o chip FTDI para conversão do sinal serial. Utiliza no seu lugar um Atmega8U2 programado como conversor de USB para serial.

Revisão 3 da placa com as novas características:

- Pinos SDA e SCL adicionados próximos ao AREF.
- Dois outros pinos adicionados próximos ao RESET, o IOREF que permite aos shields se adaptarem à voltagem fornecida pela placa. No futuro os shields serão compatíveis tanto com as placas que utilizam o AVR e operam a 5V, como com o ARduino Due que operará a 3,3V. O segundo pino não está conectado e é reservado para propósitos futuros.
- Circuito de RESET mais robusto.
- Atmega 16U2 em substituição ao 8U2.

O modelo usado neste projeto foi o Arduino Uno R3 + Cabo USB 2.0, que tem o preço médio de R\$ 92,11.

Display

O display é uma ferramenta eletrônica que serve para visualizarmos as informações captadas pelos sensores e lidas pelo Arduino. Nela, podemos ver em tempo real os dados referentes aos monitoramentos da qualidade da água.

O modelo utilizado no projeto foi o display lcd 16x2 c/ backlight azul, que, conforme Arduroce (2024), custa em média R\$ 19,90 e possui as seguintes configurações:

Display LCD 16×2 Backlight Azul para utilização em equipamentos eletrônicos. Com 2 linhas e 16 colunas, modelo com processador HD44780 com backlight azul e escrita (letras) branca. Funciona com comunicação à 4bits e 8bits. Este display é muito utilizado nos mais variados equipamentos eletrônicos como copiadoras, impressoras laser, impressoras 3d e equipamentos industriais, fácil integração com qualquer microcontrolador: PIC, Arduino, Raspberry, Cubieboard, Atmel e etc. (Arduroce, 2024)

Placa Esp 32

Esta placa faz a comunicação com o Arduino para receber as informações via Rede LoRa, pois, junto de seu sistema, temos a comunicação Bluetooth e rede wifi, o que possibilita recebermos as informações dos sensores de medição diretamente no celular. Para Lobo da Informática (2024), a linha ESP vem equipada com um super processador dual core, com até 240MHZ de velocidade, contando ainda com conexão WiFi e Bluetooth BLE.

Rede LoRa

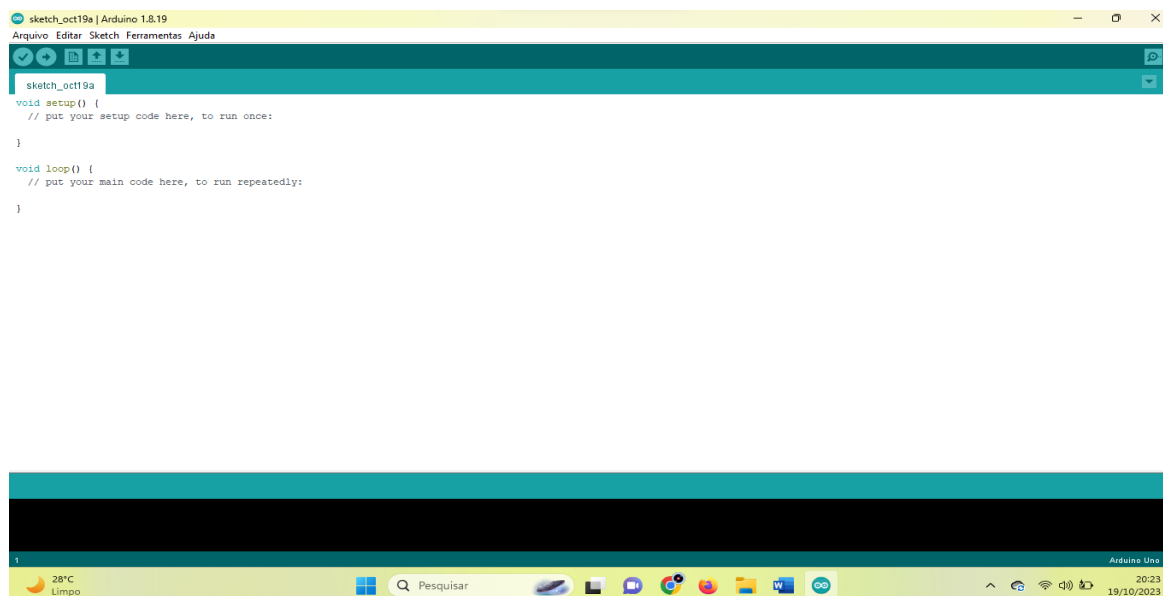
A rede LoRa é um componente que permite obter as informações a longas distâncias, o que facilita muito o uso por seus usuários. Conforme WJ (2024), LoRa é “uma tecnologia de rádio frequência que permite comunicação a longas distâncias (em áreas urbanas 3-4 Km de alcance, e em áreas rurais, até 12 Km ou mais), com consumo mínimo de energia”.

3.2 Plataforma para codificação dos parâmetros analisados

Para fazer a comunicação dos sensores com o Arduino, é conveniente utilizar a própria plataforma do Arduino para realizar a programação através de códigos que possibilitarão que o Arduino leia as informações enviadas pelos sensores. Como a comunicação é feita por envios de voltagem, que é a forma com que o Arduino lê as informações, estes códigos servem para transformar os dados em suas respectivas unidades e valores a serem informadas no visor do display e pela rede LoRa no celular.

A Figura 1 mostra o ambiente usado para escrever os códigos que serão lidos pelo Arduino, para converter os dados capturados pelos sensores e que são visualizados no visor de lcd nas unidades convencionais dos parâmetros analisados.

Figura 1 – Ambiente usado para programar o arduino para leitura dos sensores.



Fonte: Autores (2026).

O software é o local onde são digitados os códigos que farão a comunicação dos sensores com o Arduino, do Arduino com o display e do Arduino com a rede LoRa. Geralmente, os códigos já vêm prontos e estão descritos nas revisões bibliográficas de outros trabalhos ou nas lojas virtuais onde são comprados os sensores. No entanto, é necessário calibrá-los para o mínimo e máximo dos parâmetros temperatura e pH, que serão lidos pelo Arduino de acordo com a finalidade da medição desejada. É nessa plataforma que também se fazem essas alterações.

3.3 Montagem do sistema de monitoramento

Arduino + Display

Inicialmente, certifique-se de que a placa Arduino esteja desligada. Em seguida, monte o circuito utilizando o Módulo I2C e os jumpers macho-fêmea.

Conexões dos fios:

O GND do módulo I2C deve ser conectado ao pino GND do Arduino;

O módulo I2C opera com uma tensão de alimentação de 5V. Deste

modo, conecte o VCC ao pino 5V do Arduino;

Nas placas Arduino UNO, os pinos associados ao I²C são A4 (SDA) e A5 (SCL).

Arduino + Sensor de Temperatura

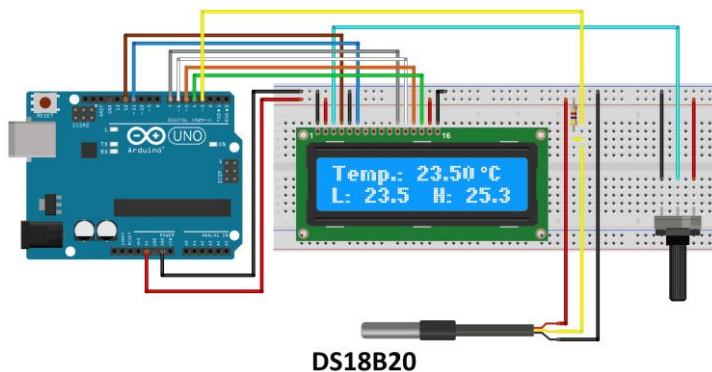
A sua comunicação é feita através de um único fio de dados, além do VCC e do GND. Ademais, cada DS18B20 conta com um código ID próprio de 64 bits, deste modo é possível que até 127 sensores funcionem em um mesmo barramento, poupando espaço do microcontrolador.

Para Thomsen (2023) o modo de conectar os fios e as características do sensor seguem:

O sensor de temperatura DS18B20 pode efetuar leituras com precisão de até $\pm 0,5$ °C, e enviar as informações para o microcontrolador utilizando apenas 1 fio. O sensor possui 3 fios para ligação ao Arduino: vermelho (Vcc), preto (GND) e amarelo (dados). Vamos alimentar o sensor com 5V, e utilizar a porta 3 do Arduino como entrada de dados.

A Figura 2 demonstra as ligações e montagem do sensor de temperatura no Arduino.

Figura 2 – Esquema da ligação entre arduino e sensor de temperatura



Fonte: THOMSEN (2023).

Arduino + Sensor de pH

O conjunto é formado por um Eletrodo pH e um módulo eletrônico que faz a comunicação com o Arduino. A Figura 11 mostrará o tipo utilizado neste trabalho para fins de determinar a acidez ou alcalinidade da água.

A interface do sensor pH com o Arduino usa o código simples do Arduino.

O sensor Ph possui 3 pinos que precisam ser conectados ao Arduino. Portanto, conecte o pino VCC a 5V do Arduino e o GND ao GND. Conecte seu pino analógico ao A0 do Arduino, conforme mostrado na Figura 11.

Os valores de pH variam de 0 a 14 (pH 0 é muito ácido, pH 7 será neutro e pH 14 muito alcalino). O maior problema ao usar o Sensor pH é sobre a calibração. Uma vez que o sensor Ph é um sensor analógico, há uma necessidade de calibração, pois a saída depende da tensão. Portanto, precisamos de uma solução cuja força de pH seja conhecida por nós.

Arduino + LoRa

De acordo com Bauermeister (2023), o módulo LoRa 433MHz funciona através de uma interface serial com pinos TX e RX. A distância de comunicação pode chegar a até 3 Km dependendo das antenas usadas, condições de ambiente e interferências de radiofrequência e magnéticas.

RESULTADOS

4.1 Alimentação de energia

O sistema automático de monitoramento da qualidade da água pode ser usado em áreas que não possuem rede elétrica, ficando independente a sua fonte de alimentação de energia. No entanto, a vida útil da bateria é curta (em torno de 2 dias), sendo necessário realizar a troca da mesma para garantir o correto monitoramento. No trabalho de Targino (2021, p. 57), “a bateria de mesma voltagem também não resistiu muito tempo, pois a eficiência máxima da bateria durou somente em torno de oito horas quando utilizada a bateria de 9V. Após esse período, a tensão fornecida pela bateria foi menor do que 5V, onde as leituras de pH apresentaram valores alterados”.

No estudo proposto por Junior (2019, p. 36) o sistema “utilizou-se uma bateria de 5000mah, visto que, a utilização do modelo proposto será em campo, de fácil carregamento, podendo ser carregado em qualquer porta USB (*Universal Serial Bus*) de um computador desktop/notebook ou diretamente de uma tomada com um *plug* conversor”.

Portanto, como fonte de alimentação, usamos uma fonte que transforma energia 220/110 V em 9V. Porém, há a necessidade de se manter uma tomada energizada próxima em locais com rede de energia, mas também mantivemos a bateria para locais sem rede de energia.

Como um dos intuitos da pesquisa é alcançar independência em relação à energia, a sugestão para melhorar este sistema na questão energética é trocar a bateria de 9 V por uma bateria maior, por exemplo, uma utilizada em motocicletas. Assim, haverá mais durabilidade.

Outra sugestão seria implementar ou adaptar o sistema para receber energia solar, contudo, nesse caso, haveria aumento do custo.

4.2 Monitoramento da qualidade da água

No dia dezessete de novembro de dois mil e vinte e três, às nove horas e trinta minutos, foi realizado um monitoramento com o sistema no Laboratório de Piscicultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA), *campus* Bragança. Para tanto, analisamos como se comportaram os sensores de pH e temperatura em relação aos equipamentos de medições convencionais. O sistema pronto pode ser visualizado na Figura 3.

Ao posicionarmos o sistema na caixa d'água utilizada para criação de peixes, imergimos os sensores na água para efetivamente realizar as medições. Também foram usados o termômetro digital e o medidor de pH para atestarmos a eficiência do sistema.

Figura 3 – Sistema de monitoramento da qualidade da água.



Fonte: Autores (2026).

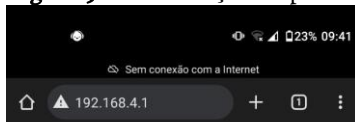
Para coletarmos as informações à distância, posicionamos a antena da Rede LoRa instalada junto ao Arduino (ver Figura 4) e a Placa Esp 32 juntamente à outra antena da Rede LoRa acoplada ao notebook, a qual passa as informações via rádio para o celular, com a ajuda de uma rede wifi da placa esp 32, sem a necessidade de estar conectada à internet.

Figura 4 – Placa esp 32 e antena do LoRa acoplada no notebook.



Fonte: Autores (2026).

Figura 5 – Informações repassadas para celular através da rede LoRa.



PH : 7.03

Temperatura: 30.62

TURBIDEZ : -1938.45

ATUALIZAR

Fonte: Autor (2023)

Segundo Leal Junior; Araújo; Tavares (2020), a fim de proporcionar uma melhor experiência para os usuários do sistema, é imprescindível uma interface mais intuitiva, como a apresentada no presente estudo, a qual tem um display LCD para exibir os dados.

Conforme pode ser observado no Quadro 1, o sistema de monitoramento automático da qualidade da água para piscicultura está funcionando perfeitamente, com apenas poucas variações nos parâmetros analisados, em função dos métodos aplicados (o sistema pesquisado e o método de medição convencional).

Quadro 1 – Valores do monitoramento da qualidade da água

Data	Medição de Temperatura (°C)			Medição de pH		
	Método Tradicional	Display	Rede LoRa	Método Tradicional	Display	Rede LoRa
	Termômetro Digital	Sensor de Temperatura	WiFi	Medidor de pH	Sensor de pH	WiFi
17/11/2023	30,2	31,06	30,62	7,00	6,93	7,03

Fonte: Autores (2026).

O trabalho realizado por Santos et al. (2017) também evidenciou, através das medições realizadas, a pouca diferença dos valores coletados entre o monitoramento convencional e o método com sensores + Arduino, verificando que “não houve diferença entre os resultados encontrados para a temperatura ($28,5^{\circ}\text{C}$), utilizando tanto o sensor quanto o termômetro. Além disso, observa-se também que os valores obtidos para pH do sistema ($7,22 \pm 0,02$) e do pHgâmetro ($7,32 \pm 0,02$) não apresentam diferença significativa, o que evidencia que o sistema projetado possui confiabilidade nos resultados obtidos”.

No estudo realizado por Antonioli; Ahlert (2020), “observou-se que o controle preciso da temperatura e do pH da água tem um impacto direto no desenvolvimento e na saúde dos peixes. A coleta contínua desses dados permite um monitoramento mais eficaz, o que facilita o manejo da qualidade da água”. Como resultado, o ambiente onde os organismos se desenvolvem é aprimorado, contribuindo para a criação de condições mais saudáveis e adequadas para o crescimento dos peixes.

Dessa forma, podemos confirmar que a automação do sistema permite monitorar e controlar, de maneira eficiente, os parâmetros envolvidos no sistema aquapônico. Isso resulta na produção de alimentos mais seguros e saudáveis para o consumidor, além de facilitar o manejo e a operação. Com a automação, é possível aumentar o interesse e os investimentos na aquaponia, favorecendo a escalabilidade da produção e ampliando o seu potencial comercial (Hundley; Navarro, 2013).

CONCLUSÃO

O sistema criado propôs-se monitorar a qualidade da água para atender os parâmetros físico-químicos necessários à criação de peixes, justamente para facilitar a vida do produtor, que agora pode ter uma ferramenta útil e com informações em tempo real, prevendo quando será necessário intervir na qualidade da água de seu sistema de criação. Desta forma, podemos melhorar a sua produção e, o mais importante, evitar a mortandade de peixes em função da qualidade da água, tornando a atividade mais lucrativa e, ao mesmo tempo, incentivando a ampliação de seu empreendimento.

O protótipo mostrou-se estável nas medições, garantindo, assim, a sua eficiência, podendo ser usado no dia a dia por criadores de peixes. Os resultados de Targino (2021, p. 78) também foram positivos, pois “comprovaram a eficiência no envio remoto de dados pelo sistema de baixo custo para monitoramento da qualidade de água. Entretanto, os resultados das medições de pH e temperatura evidenciaram uma diminuição na precisão dos resultados com o aumento do manuseio do sistema em campo”.

Essa diminuição na precisão se dá pelo uso do sistema, sendo necessário periodicamente calibrá-lo. Para a obtenção dos dados à distância, diferentemente de outros estudos que utilizaram a internet para obter remotamente as informações, este estudo utilizou um sistema

de envio remoto via ondas de rádio através de uma rede LoRa, que funcionou independentemente de estar conectado à internet ou não.

Durante o trajeto da pesquisa realizada, houve vários problemas relacionados à montagem e ao funcionamento do protótipo, como erros de leituras e manuseio dos sensores, o que gerou perda de alguns componentes eletrônicos, que tiveram que ser substituídos. Porém, com o tempo, e seguindo a montagem proposta, o objetivo foi alcançado e, em trabalhos futuros, seria interessante buscar a inclusão de novos parâmetros de qualidade da água que possam ser usados no Arduino e focar a pesquisa em outras finalidades que não seja a piscicultura.

Outra possibilidade a ser explorada seria a eficiência energética, com a implementação da energia solar, o que, ressaltamos, traria maiores custos na montagem desse sistema.

REFERÊNCIAS

ANTONIOLLI, A.; AHLERT, E. M. Sistema de monitoramento automatizado para controle de qualidade de água em sistema aquapônico. *Revista Destaques Acadêmicos*, v. 12, n. 4, 2020.

ARDUCORE. Robótica Educacional. Display LCD 16x2 C/ BlackLight AZUL. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www.arducore.com.br/display-lcd-16x2-c-blacklight?utm_source=Site&utm_medium=GoogleMerchant&utm_campaign=GoogleMerchant&gclid=EAIaIQobChMIIsd_4vviCggMVtIRIABoTUANqEAQYAyABEgLCovD_BwE>. Acesso em: 15 abr. 2024.

BAÚ DA ELETRÔNICA. Arduino uno R3 + Cabo USB 2.0. São Paulo, 2023. Disponível em: <<https://www.baudaeletronica.com.br/produto/arduino-uno-r3.html#:~:text=O%20Arduino%20Uno%20R3%20%C3%A9,e%20um%20bot%C3%A3o%20de%20reset>>. Acesso em: 13 jan. 2024.

BAUERMEISTER, Giovanni. Primeiros passos comunicação LoRa com Arduino. *Makerhero*, Palhoça - SC, 2023. Disponível em: <<https://www.makerhero.com/blog/primeiros-passos-lora-com-arduino/>>. Acesso em: 16 out. 2023.

CASA DA ROBOTICA. Sensor de Temperatura DS18B20 à Prova d'Água Waterproof. Bahia, 2023. Disponível em: <<https://www.casadarobotica.com/sensores-e-modulos/sensores/temperatura/sensor-de-temperatura-ds18b20-a-prova-d-agua-waterproof>>. Acesso em: 12 jan. 2024.

CASA DA ROBOTICA. Módulo sensor + ph eletrodo sonda bnc | sensor de ph da água. Bahia, 2023. Disponível em: <<https://www.casadarobotica.com/sensores-e-modulos/sensores/outros/modulo-sensor-ph-eletrodo-sonda-bnc-sensor-de-ph-da-agua>>. Acesso em: 12 jan. 2024.

HUNDLEY, G. C.; NAVARRO, R. D. N. Aquaponia: a integração entre piscicultura e a hidroponia. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v. 3, p. 52-61, 2013.

JUNIOR, Wilmar Borges Leal. Modelagem de um sistema multiparâmetro para monitoramento da qualidade da água utilizando internet das coisas. 2019. 71 f. Dissertação (Mestrado em Modelagem Computacional de Sistemas) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas, TO, 2019.

LEAL JUNIOR, W. B. L.; ARAÚJO, H. X.; TAVARES, F. M. Monitoramento da qualidade da água utilizando plataforma de internet das coisas. *Revista Humanidades e Inovação*, v. 7, n. 9. 2020.

LOBO DA INFORMÁTICA. O que é ESP32, pra que serve e quando usar?. 2023. Disponível em: <<https://lobodarobotica.com/blog/o-que-e-esp32-pra-que-serve-quando-usar/>>. Acesso em: 16 fev. 2024.

MACEDO, C. F.; SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Eutrophication and water quality in pisciculture: consequences and recommendations. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 36, n. 2, p. 149-163, 2018.

RIBEIRO, R.C.; BARROS, L. A.; PIRES, C. R. F; KATO, H. C. A.; SOUSA, D. N. Avaliação do consumo de peixes no município de palmas – TO. *Boletim de Indústria Animal*, v. 75, p. 2, 2018.

SANTOS, Monique V. B.; BORGES, Lucas C.; SANTOS, Renan T.; LIMA, Cristian J. B.; ROCHA, Fabiano G. Monitoramento automático da qualidade da água para pisciculturas. In: Congresso Sul Brasileiro de Computação, n. 6, 2017, Anais, SULCOMP, 2017. Disponível em: <<http://periodicos.unesc.net/sulcomp/article/view/3139>>. Acesso em: 15 abr. 2024.

15

TARGINO, Igor Furtado. Sistema de baixo custo para monitoramento da qualidade da água em cisternas. 2021. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Gestão de Recursos Naturais) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais; Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, 2021.

THOMSEN, Adilson. Controlando um LCD 16x2 com Arduino. Makerhero, Palhoça - SC, 2023. Disponível em: <<https://www.makerhero.com/blog/sensor-de-temperatura-ds18b20-arduino/>>. Acesso em: 19 out. 2023.

THOMSEN, Adilson. Medindo temperatura debaixo d'água com DS18B20. Makerhero, Palhoça - SC, 2023. Disponível em: <<https://www.makerhero.com/blog/sensor-de-temperatura-ds18b20-arduino/>>. Acesso em: 19 out. 2023.

USINAINFO, Eletrônica e Robótica. Sensor de ph arduino + módulo de leitura bnc ph4502c. Santo Ângelo - RS, 2023. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/outros-sensores-arduino/sensor-de-ph-arduino-modulo-de-leitura-5316.html?search_query=sensor+de+ph&results=25>. Acesso em: 19 out. 2023.

WJ, Componentes Eletrônicos. Esp 32 com lora 1276. Sorocaba - SP, 2023. Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/outros-sensores-arduino/sensor-de-turbidez-arduino-stroo-modulo-de-leitura-4539.html>>. Acesso em: 20 fev. 2024.