



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA- UNEB**  
**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA- CAMPUS II**  
**CURSO: BACHARELADO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**  
**COMPONENTE CURRICULAR: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

ATA DA SESSÃO DE DEFESA PÚBLICA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO, DO CURSO DE BACHARELADO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO DO SEGUNDO SEMESTRE 2024.

No dia **dezoito de dezembro de dois mil e vinte quatro**, às **nove horas**, no auditório do Departamento de Ciências Exatas e da Terra - Campus II, Universidade Estado da Bahia - UNES, reuniu-se a Banca Examinadora composta pelo(a) professor(a) **José Roberto de Araújo Fontoura** (presidente da mesa e orientador(a)), professor(a) **Elaine Pereira Garrido** (professor(a) convidado(a)) e professor(a) **Bruno Oliveira Cardoso** (professor(a) convidado(a)), para avaliar o Trabalho de Conclusão de Curso (artigo acadêmico), dos(as) discentes **Joilson da Conceição Santos e Marcus Vinicius Souza Lima** intitulado "**Protótipo de baixo custo com Arduino e módulo de sistema global para comunicações móveis para coleta de dados físicos da água**". O presidente da Banca Examinadora abriu a sessão com os cumprimentos ao(a) candidato(a), aos demais membros da banca, esclarecendo, também, o caráter do evento e respectivas normas. A seguir, foi concedida a palavra ao autor do trabalho para apresentação por vinte minutos. Após esta exposição, os membros da Banca Examinadora realizaram suas considerações emitindo sugestões ao trabalho apresentado e em seguida à palavra foi devolvida ao(a) candidato(a). Após as necessárias considerações ao trabalho, a banca examinadora reuniu-se e o (a) professor(a) **José Roberto de Araújo Fontoura** atribuiu nota ( 2,0 ) e o(a) professor(a) **Elaine Pereira Garrido** atribuiu nota ( 2,0 ) e o(a) professor(a) **Bruno Oliveira Cardoso** atribuiu nota ( 2,0 ). Para registro e finalidades legais, eu **Prof. José Roberto de Araújo Fontoura**, presidente da banca, lavrei a presente Ata que será assinada por mim e demais membros da Banca Examinadora.

Alagoinhas, 18 de dezembro de dois mil e vinte quatro.

\_\_\_\_\_  
**Prof. José Roberto de Araújo Fontoura**  
Presidente da mesa e orientador(a)

\_\_\_\_\_  
**Prof. Elaine Pereira Garrido**  
Professor(a) Convidado(a)

\_\_\_\_\_  
**Prof. Bruno Oliveira Cardoso**  
Professor(a) Convidado(a)

# PROTÓTIPO DE BAIXO CUSTO COM ARDUINO E MÓDULO DE SISTEMA GLOBAL PARA COMUNICAÇÕES MÓVEIS (GSM) PARA COLETA DE DADOS FÍSICOS DA ÁGUA

JOILSON DA CONCEIÇÃO SANTOS <sup>1</sup>

MARCUS VINICIUS SOUZA LIMA <sup>2</sup>

PROF. DR. JOSE ROBERTO DE ARAUJO FONTOURA<sup>3</sup>

UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA (UNEB)

2024

## RESUMO

Este projeto teve como finalidade o desenvolvimento de um protótipo de monitoramento de baixo custo voltado à aquisição de dados físicos da água, utilizando tecnologias acessíveis, como o Arduino Uno e o módulo GSM SIM900a. O sistema foi projetado para coletar dados de temperatura, turbidez e fluxo da água, transmitindo essas informações remotamente via SMS. A natureza da pesquisa foi do tipo aplicada, com foco no desenvolvimento de um protótipo funcional. O objetivo da pesquisa foi descritiva, buscando caracterizar o desempenho e as funcionalidades do protótipo. Utilizou-se a abordagem quantitativa para mensurar os resultados obtidos, além do método hipotético-dedutivo com o objetivo de confirmar a hipótese levantada também utilizouse o procedimento bibliográfico para embasar a pesquisa. O protótipo atingiu seu intuito geral de realizar o monitoramento contínuo dos parâmetros físicos da água. Os resultados preliminares indicam que o dispositivo é funcional, apesar de algumas limitações, servindo como uma alternativa viável para o monitoramento remoto. O uso do microcontrolador e dos sensores de baixo custo, aliado à transmissão via GSM, mostrou-se uma solução eficiente, reduzindo a necessidade de coletas manuais frequentes. No entanto, para obter resultados mais precisos, pretende-se dar continuidade aos estudos, a fim de realizar novos testes, suprir as limitações identificadas e implementar possíveis melhorias no protótipo.

**Palavras-chave:** protótipo; Arduino; água; GSM.

## ABSTRACT

This project aimed to develop a low-cost monitoring prototype focused on acquiring physical water data, using accessible technologies such as the Arduino Uno and the GSM SIM900a module. The system was designed to collect data on water temperature, turbidity, and flow, transmitting this information remotely via SMS.

The nature of the research was applied, focusing on the development of a functional prototype. The purpose of the research was descriptive, aiming to characterize the prototype's performance and functionalities. A quantitative approach was used to measure the results obtained, along

---

<sup>1</sup> Graduando em Sistema de Informação. E-mail: Joilson santos1999@gmail.com.

<sup>2</sup> Graduando em Sistema de Informação. E-mail: Soouzaviny@gmail.com.

<sup>3</sup> Doutor em Difusão do Conhecimento. E-mail. jfontoura@uneb.com.

with the hypothetico-deductive method to confirm the proposed hypothesis. The prototype achieved its overall goal of continuously monitoring the physical parameters of water.

Preliminary results indicate that the device is functional, despite some limitations, serving as a viable alternative for remote monitoring. The use of the microcontroller and low-cost sensors, combined with GSM transmission, proved to be an efficient solution, reducing the need for frequent manual data collection. However, to obtain more precise results, it is intended to continue the studies to carry out new tests, address the identified limitations, and implement possible improvements to the prototype.

**Keywords:** prototype; Arduino; water; GSM.

## 1 INTRODUÇÃO

O município de Alagoinhas, na Bahia, é conhecido pela alta qualidade de seus recursos hídricos, fator que atrai diversas indústrias, especialmente do setor cervejeiro. A Lei nº 2036/2010 contribui para essa atração, promovendo uma gestão sustentável dos recursos naturais e oferecendo incentivos às empresas comprometidas com a preservação ambiental. A combinação da qualidade da água e do apoio legislativo coloca Alagoinhas como um importante polo industrial, impulsionando a economia local. Além disso, a qualidade das águas tem sido amplamente estudada em pesquisas acadêmicas, que visam monitorar e preservar esses recursos essenciais.

O monitoramento da qualidade da água é fundamental para avaliar a saúde dos ecossistemas aquáticos e garantir a segurança desses recursos para consumo humano. Esse processo envolve a coleta de dados sobre parâmetros como temperatura, turbidez, fluxo e poluentes, permitindo identificar possíveis contaminações e os impactos de atividades humanas e fenômenos naturais. Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), a análise contínua desses dados é fundamental para orientar políticas de preservação e recuperação ambiental, protegendo a biodiversidade aquática e diminuindo áreas de risco.

Contudo, os equipamentos tradicionais de monitoramento apresentam altos custos e complexidade, o que limita sua aplicação com isso como desenvolver um protótipo acessível e eficiente para monitoramento da qualidade da água, utilizando microcontroladores e sensores de baixo custo, superando o alto custo dos equipamentos tradicionais?. Diante disso, o presente projeto visa desenvolver um protótipo acessível, utilizando microcontroladores e sensores de baixo custo para monitorar variáveis ambientais da água. A proposta é criar um dispositivo que colete essas informações e envie os dados via tecnologia celular, utilizando a Plataforma Arduino e a linguagem de programação C++, juntamente com a tecnologia GSM. Assim, pretende-se obter um protótipo eficiente e de baixo custo para monitoramento da qualidade da água.

Este projeto é impulsionado pela participação de Joilson Santos em um projeto de iniciação científica, com a diretriz de fornecer uma alternativa prática e acessível para

acadêmicos do Campus II da Universidade do Estado da Bahia (UNEB), interessados em realizar pesquisas sobre a qualidade da água. A proposta visa contribuir significativamente para a coleta de dados sobre a qualidade da água, auxiliando em estudos e análises ambientais. Para alcançar esse objetivo, são necessários diversos passos, como o estudo de sensores, a montagem e programação do protótipo utilizando o Arduino, e o controle do envio de dados para smartphone.

A hipótese deste estudo é que o uso de microcontroladores e sensores para monitoramento da qualidade da água resultará em um dispositivo eficiente e de menor custo, além de permitir um monitoramento contínuo e remoto.

O artigo está estruturado em seções: a primeira apresenta a introdução do tema, a segunda aborda a revisão da literatura sobre métodos de monitoramento, a terceira descreve a metodologia adotada para o protótipo, a quarta apresenta os testes e resultados, e a quinta discute as conclusões e sugestões para pesquisas futuras.

## 2 REVISÃO TEÓRICA

Para a execução deste trabalho, foi imprescindível realizar uma revisão bibliográfica visando identificar os conceitos fundamentais que embasam o tema em questão. Os temas discutidos abrangeram: protótipo, Arduino, sensores de dados físicos da água, parâmetros físicos da água, GSM.

### 2.1 PROTÓTIPO

O propósito de criar um protótipo é o de transformar ideias iniciais em modelos tangíveis, permitindo a análise prática de um produto ou sistema antes de sua implementação definitiva. Conforme preceitua Palhais (2016), a prototipagem desempenha um papel fundamental no desenvolvimento de produtos, pois possibilita visualizar ideias de maneira clara e palpável, verificando não apenas sua funcionalidade, mas também sua estética e *design*. Essa etapa é essencial para identificar falhas, explorar melhorias e avaliar a viabilidade do projeto, reduzindo riscos e otimizando recursos antes da produção final.

Segundo Baxter (2011, p. 243):

O protótipo significa, literalmente, "o primeiro de um tipo." No início da era industrial, o protótipo era o produto feito pelo mestre, que depois deveria ser produzido em massa. No projeto de produtos, a palavra protótipo refere-se a dois tipos de representação dos produtos. Primeiro, no sentido mais preciso da palavra, refere-

se à representação física do produto que será eventualmente produzido industrialmente. Em segundo lugar, usa -se o termo protótipo no sentido mais lato, para qualquer tipo de representação física construída com o objetivo de realizar testes físicos.

Baxter (2011) ressalta que modelos e protótipos diferem em escala, material e funcionalidade. Os protótipos são feitos em escala real e empregam os mesmos materiais do produto final, enquanto os modelos podem ser de escala reduzida e feitos com materiais diversos. Essa distinção é fundamental, pois a eficácia dos protótipos é especialmente relevante em processos de desenvolvimento que demandam precisão e funcionalidade, como os encontrados em projetos de eletrônica.

Nesse contexto, Banzi e Shiloh (2015) destacam a importância da prototipagem em projetos com Arduino, ressaltando que essa abordagem não apenas facilita a criação de dispositivos interativos, mas também permite que os desenvolvedores explorem soluções de forma rápida e econômica. A conexão entre as duas perspectivas é clara: a prototipagem prática, como enfatizado por Baxter, aliada à flexibilidade e acessibilidade proporcionadas pelo uso do Arduino, torna-se uma ferramenta essencial para a inovação e o desenvolvimento de novas ideias no campo da eletrônica.

A prototipagem é importante para o desenvolvimento deste trabalho, pois possibilita a criação de um modelo físico do sistema de monitoramento, permitindo verificar a funcionalidade e eficiência de cada componente. Seguindo as diretrizes de Baxter e explorando a flexibilidade proporcionada pelo Arduino, o protótipo deste projeto permite ajustes e melhorias. Essa abordagem otimiza recursos, pois poupa tempo e custos, ao mesmo tempo em que facilita a identificação e correção de falhas, contribuindo para a confiabilidade e precisão do sistema.

Sendo assim, uma vez discutida a importância da prototipagem, pretende-se aprofundar sobre o papel do Arduino, detalhando seu funcionamento e como ele gerencia outros componentes integrados a ele.

## 2.2 ARDUINO

O Arduino foi desenvolvido em 2005 por Máximo Banzi e sua equipe no *Ivrea Interaction Design Institute*, com o propósito de facilitar o acesso de alunos e iniciantes ao aprendizado de programação e eletrônica (Arduino, 2018). Essa plataforma de prototipagem eletrônica de código aberto combina *hardware* e *software* acessíveis, destacando-se por ser de baixo custo e fácil manuseio. Silva (2014, p. 14), “o Arduino pode ser utilizado

para desenvolver objetos interativos independentes ou ser conectado a um computador, rede ou internet para processar e atuar sobre dados,” o que enfatiza sua versatilidade e ampla aplicação. A simplicidade e acessibilidade do Arduino tornam-no adequado tanto para experimentação quanto para uso em aplicações comerciais. Além disso, por ser *open source*, o *software* e o *hardware* podem ser adaptados pelos usuários, proporcionando uma ampla gama de possibilidades. O Arduino funciona como um minicomputador, programado para processar entradas e saídas de dados, permitindo a integração com componentes e dispositivos externos (Tavares, 2020). Segundo a definição de Ramos e Andrade (2016), “[a] placa Arduino pode ser definida como um pequeno computador que se pode programar para processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos conectados a ele”.

Para o protótipo deste projeto, será utilizada a placa de prototipagem Arduino Uno R3, a versão mais popular em projetos de automação e desenvolvimento. Essa placa de microcontrolador é baseada no ATmega328P, um microcontrolador de alta performance de 8 bits com arquitetura AVR, desenvolvido pela Atmel. O Uno R3 conta com 14 pinos digitais de entrada/saída, dos quais 6 podem ser utilizados como saídas *Pulse Width Modulation* (PWM). Além disso, possui 6 entradas analógicas, um ressonador cerâmico de 16 MHz, porta USB, conector de alimentação, cabeçalho para controle remoto e transferência via serial ICSP (ICSP) e um botão de reinicialização, incluindo todos os componentes necessários para suportar o microcontrolador. A placa pode ser alimentada por conexão USB ou fonte externa, facilitando seu uso em diversas aplicações (ARDUINO, 2018).

Além disso, a plataforma de desenvolvimento do Arduino possui o software Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE), que é compatível com sistemas operacionais como Windows, macOS e Linux. Ele utiliza as linguagens de programação C e C++ para o desenvolvimento e envio de programas para a placa Arduino (FEZARI; AL DAHOUD, 2018). Essa compatibilidade e a simplicidade de sua interface tornam a plataforma acessível tanto para iniciantes quanto para usuários avançados, oferecendo suporte para a criação de projetos eletrônicos variados.

No protótipo desenvolvido, o Arduino atua como controlador central, integrando e gerenciando as operações de diversos sensores que monitoram parâmetros ambientais, como temperatura, turbidez e fluxo de água. Ele coleta os dados dos sensores e processa as informações antes de enviá-las para armazenamento remoto.

Após configurar o Arduino como controlador central, é importante compreender os parâmetros físicos da água monitorados pelo protótipo. A medição de variáveis como

temperatura, turbidez e fluxo de água é essencial para avaliar a condição em que a água se encontra.

### 2.3 PARÂMETROS FÍSICOS DA ÁGUA

A água, reconhecida como solvente universal, é essencial para a sobrevivência dos seres vivos e o desenvolvimento das civilizações. No entanto, práticas industriais e descarte inadequado de poluentes representam ameaças significativas à sua qualidade, resultando em contaminação que a torna não só imprópria para o consumo, como também prejudicial à vida aquática (ANA, 2024).

No Brasil, o Índice de Qualidade da Água (IQA) é uma ferramenta matemática amplamente utilizada para monitorar a condição de águas superficiais, como rios e lagos. Esse índice sintetiza diversos parâmetros em uma única medida, permitindo uma interpretação prática do nível de qualidade. Entre os nove parâmetros analisados, encontram-se fatores físicos importantes, como temperatura, turbidez e sólidos totais, todos essenciais para uma avaliação precisa da qualidade hídrica (CETESB, 2022).

A turbidez é uma característica fundamental dos fluidos e está relacionada à quantidade de partículas em suspensão presentes, como poluentes, plânctons, argila, bactérias e areia. Essas partículas interferem na passagem da luz através da água, tornando-a menos transparente (BIRKHEUER *ET AL.*, 2017). A turbidez pode afetar a qualidade da água e a saúde dos ecossistemas aquáticos, uma vez que a presença excessiva de sólidos suspensos pode impactar a fotossíntese e a vida aquática de diversas maneiras.

Parâmetros como físicos como temperatura e turbidez, além de fluxo/vazão de água são avaliados constantemente como indicadores de qualidade por influenciarem diretamente na utilização desse recurso natural. A temperatura é um indicador fundamental da intensidade do calor, influenciando uma série de parâmetros físicos relevantes. Entre esses, destacam-se a viscosidade, a densidade e o nível de oxigênio dissolvido, além da tensão superficial e da compressibilidade. Outros fatores como o calor específico, a constante de ionização e o calor latente de vaporização também são afetados. A pressão de vapor é igualmente sensível a variações de temperatura (NOLASCO *et al.*, 2020).

O fluxo de água refere-se ao movimento da água em um determinado corpo hídrico, podendo ser influenciado por fatores como a topografia, a vegetação e as condições meteorológicas. Esse fluxo pode afetar a temperatura da água, uma vez que a água em movimento tende a ser mais oxigenada e, frequentemente, tem uma temperatura mais uniforme.

Além disso, a troca de água entre diferentes áreas pode levar a variações térmicas, impactando a biodiversidade e a saúde dos ecossistemas aquáticos. Uma correnteza mais rápida, por exemplo, pode resfriar a água mais rapidamente em comparação com áreas paradas.

Considerando a importância dos parâmetros propostos a serem observados para a avaliação da qualidade da água, o uso de sensores adequados se torna essencial para a coleta de dados precisos e contínuos. No próximo tópico, serão explorados os sensores de dados físicos da água que podem ser integrados ao Arduino, destacando sua funcionalidade.

## 2.4 SENSORES DE DADOS FÍSICOS DA ÁGUA

Os sensores são dispositivos fundamentais para detecção e mensuração de grandezas físicas em projetos de monitoramento, permitindo que sistemas de controle, como microcontroladores, leiam e respondam a dados obtidos do ambiente. Segundo Wendling (2010, p. 4), “o termo sensor designa dispositivos sensíveis a alguma forma de energia do ambiente que pode ser luminosa, térmica, cinética, entre outras, relacionadas a grandezas físicas que precisam ser mensuradas, como temperatura, pressão, velocidade, entre outras”.

Existem dois tipos principais de sensores: analógicos e digitais, amplamente empregados em sistemas de automação, robótica, monitoramento ambiental e dispositivos IoT. Nos projetos que utilizam Arduino, esses sensores são fundamentais para captar informações ambientais e criar soluções interativas. Sensores atuam como o sistema sensorial das máquinas, permitindo que elas interajam com o ambiente de maneira semelhante à dos seres humanos (Sensor, 2020).

Sensores analógicos geram saídas contínuas que variam conforme a grandeza física, como temperatura ou luminosidade. Esses sensores emitem uma voltagem proporcional à magnitude da variável medida. Em sistemas baseados em Arduino, essas saídas são processadas nas entradas analógicas, convertendo o sinal em valores digitais (de 0 a 1023) por meio de um conversor analógico-digital (ADC), permitindo interpretações mais detalhadas (SOUZA; HEIDEMAN; VEIT, 2017). Já os sensores digitais emitem uma saída discreta, representada geralmente por dois estados (ligado/desligado ou 0/1), o que permite detectar mudanças específicas no ambiente, como a presença ou ausência de objetos. Segundo Wendling (2010), esses sensores dependem de circuitos que convertem grandezas físicas para o formato digital, sendo lidos em entradas digitais do Arduino.

**Sensor de Turbidez:** o sensor de turbidez é amplamente utilizado no monitoramento da qualidade da água, pois mede a presença de partículas em suspensão, um indicador de

poluição. Embora a turbidez não defina sozinha a potabilidade, sua análise auxilia no controle de qualidade, na avaliação da saúde de ecossistemas aquáticos e na eficiência de estações de tratamento de água (STRAUB, 2022). Esse sensor funciona emitindo luz infravermelha que atravessa a amostra de água, medindo a luz dispersa pelas partículas. No protótipo, será utilizado o sensor de turbidez ST100, que oferece um método eficaz para detectar a quantidade de partículas em suspensão com base no efeito de *Tyndall*. Segundo Silva, Nascimento e Santos (2021), a rápida detecção de variações na turbidez torna o sensor adequado para o monitoramento ambiental e o controle de qualidade em sistemas automatizados.

A turbidez está frequentemente associada à poluição resultante de atividades humanas, como desmatamento e urbanização, que aumentam o acúmulo de sedimentos nos corpos d'água (Guimarães; Oliveira, 2022). Em estações de tratamento, o controle da turbidez é essencial para garantir a eficiência dos processos de clarificação. Sensores de turbidez conectados a redes IoT permitem monitoramento contínuo e remoto, facilitando a detecção precoce de problemas de contaminação (SOUZA; ALMEIDA, 2020).

A observação de altos índices de turbidez na água é essencial, pois reflete diretamente na qualidade e segurança do tratamento. Quanto maior a turbidez, maior a necessidade de produtos químicos para purificação, o que eleva custos e pode impactar a economia doméstica. Além disso, a turbidez é uma característica perceptível e, por isso, a população a utiliza como um indicador intuitivo de qualidade. Monitorá-la não apenas assegura a saúde pública, mas também atende a critérios sensoriais que são importantes para a confiança do consumidor (CASTRO *et al.*, 2021).

**Sensor de Temperatura:** os sensores de temperatura desempenham um papel importante no monitoramento ambiental, especialmente na avaliação da qualidade da água. A temperatura influencia diretamente processos biológicos e químicos nos ecossistemas aquáticos, servindo como indicador de condições ambientais (BARBOSA; SILVA, 2018). Sensores como LM35, DS18B20 e DHT22 são comumente usados em projetos de monitoramento devido à sua capacidade de registrar variações térmicas mínimas e alta precisão.

No protótipo, será utilizado o sensor de temperatura DS18B20, um dispositivo eletrônico digital projetado para operar em diversos ambientes, incluindo locais úmidos e até submersos em água. Graças à sua resistência à água, esse sensor é ideal para uma variedade de aplicações. Ele é fabricado em aço inoxidável e possui um cabo revestido com material isolante, que possibilita que o sensor funcione eficientemente em ambientes aquáticos sem sofrer danos causados pela umidade.

Na pesquisa em questão, os dados de temperatura são processados pelo Arduino, que pode armazená-los ou transmiti-los para uma plataforma de monitoramento remoto, possibilitando ações rápidas em casos de temperatura anormal (FREITAS, 2021).

A implementação de sensores de temperatura ajuda a identificar condições adversas, como poluição ou alterações climáticas, contribuindo para a preservação da saúde dos corpos d'água.

**Sensor de Fluxo de Água:** o Sensor de Fluxo de Água 1/2 YF-S201 é um dispositivo de medição de vazão desenvolvido para atuar em plataformas de prototipagem, como Arduino, PIC e ARM. Ele é amplamente utilizado em projetos de automação residencial, monitorando o consumo de água em tempo real e possibilitando ações automáticas, como desligar bombas ao atingir certo volume. O sensor opera com vazões entre 1 e 30 litros por minuto e pressão máxima de 1,75 MPa, oferecendo roscas nas extremidades para fácil instalação em sistemas hidráulicos, o que facilita seu uso em diversos projetos (STRAUB, 2022).

Quando a água passa pelo rotor, movendo-se da entrada para a saída do sensor, o fluxo provoca a rotação do rotor, gerando tensão no sensor de Efeito Hall. Essa tensão é produzida em pulsos e varia de acordo com o número de rotações do rotor. Como a quantidade de giros está relacionada à vazão que flui pelo sensor, isso resulta na emissão de um sinal pulsado, cujo período depende da vazão de água.

Para exibir a taxa de vazão, a placa Arduino conectada no sensor irá contabilizar os pulsos emitidos pelo sensor durante um intervalo de tempo específico. Após a calibração, essa contagem é correlacionada ao volume de água que flui por unidade de tempo, possibilitando, assim, determinar de forma precisa a vazão atual.

Sendo assim, após a coleta dos dados pelos sensores, o módulo GSM é responsável por transmitir essas informações para uma plataforma de monitoramento remoto, o que viabiliza o acompanhamento em tempo real da qualidade da água. No próximo capítulo, será abordado o funcionamento do GSM e sua contribuição para a eficiência do sistema.

## 2.5 GSM

O Global System for Mobile Communications (GSM), que pode ser traduzido para o português como “Sistema Global para Comunicações Móveis”, é um padrão internacional para comunicação móvel, que surgiu na década de 1980 na Europa.

A rede GSM foi projetada para uniformizar sistemas de comunicação móvel, eliminando problemas de compatibilidade entre redes de telefonia de diferentes operadoras e regiões. Desenvolvida nos anos 1980, essa tecnologia de padrão global trouxe avanços significativos,

como a modulação digital e uma estrutura de serviços em nível de rede, o que garantiu interoperabilidade entre dispositivos móveis e promoveu a conectividade global (GSM World, 2024). Com a capacidade de oferecer serviços de voz, SMS e, posteriormente, dados móveis como GPRS e EDGE, o GSM impulsionou a adoção de redes celulares em escala mundial.

De acordo com Finkler e Fischer (2016), a introdução do GSM como um sistema digital de segunda geração (2G) trouxe uma maior eficiência na transmissão de dados e contribuiu para padronizar o acesso entre diferentes operadoras e dispositivos móveis. Esse avanço tecnológico facilitou o intercâmbio de informações em redes móveis ao redor do mundo, criando uma base uniforme para o desenvolvimento de sistemas de comunicação.

O sistema GSM inicialmente se concentrava em serviços tradicionais, como voz e fax, inspirando-se em redes fixas, como a ISDN. Apesar de o SMS ter sido considerado um mero complemento, sua relevância cresceu de forma inesperada, superando as expectativas sobre os serviços de dados e fax (TROSBY, 2004, p. 188). Essa mudança de perspectiva destaca como o SMS se tornou um elemento fundamental na comunicação móvel, revelando a importância da inovação em um mercado em rápida evolução e a adaptabilidade das tecnologias emergentes.

Um dos principais benefícios do GSM é sua capacidade de padronização, que assegura a interoperabilidade entre diferentes dispositivos e operadoras, facilitando o uso global da tecnologia móvel. A estrutura do sistema GSM inclui componentes como estações base, controladores de rede e um sistema de autenticação, garantindo segurança nas comunicações.

Além disso, o GSM evoluiu ao longo do tempo, incorporando novas tecnologias e serviços para atender às crescentes demandas dos usuários. O módulo GSM900 é um dispositivo que possibilita a comunicação sem fio por meio da tecnologia GSM. Operando na faixa de frequência de 900 MHz, esse módulo é essencial para a transmissão de sinais de voz e dados em redes móveis. Sua integração com o Arduino tem se tornado cada vez mais popular em projetos de automação, uma vez que permite a conexão de sensores e o envio de dados remotamente.

Com o Arduino, é fácil desenvolver dispositivos personalizados, enquanto o módulo GSM facilita a transmissão de informações em tempo real através de redes celulares. Essa combinação é particularmente eficaz em sistemas de monitoramento remoto, como no controle ambiental, em que a falta de internet não impede o acompanhamento de dados à distância. Assim, a integração entre o Arduino e o módulo GSM SIM900a proporciona soluções acessíveis e eficientes para uma ampla gama de aplicações em automação e tecnologia. Essa combinação permite o desenvolvimento de dispositivos capazes de realizar monitoramentos remotos e transmitir dados em tempo real.

### 3 METODOLOGIA

Este estudo teve como objetivo desenvolver um protótipo para o monitoramento da qualidade da água, com foco na medição de parâmetros como temperatura, turbidez e fluxo. Utilizando sensores de baixo custo e microcontroladores Arduino, a pesquisa buscou criar uma solução prática, acessível e eficiente, oferecendo uma alternativa viável para o monitoramento ambiental. Além disso, o estudo analisou o funcionamento do protótipo e identificou suas possíveis aplicações sendo a natureza da pesquisa do tipo aplicada.

A metodologia adotada envolveu a coleta e análise de dados mensuráveis sobre a qualidade da água, utilizando uma abordagem quantitativa para avaliar o desempenho do protótipo. Paralelamente, aspectos exploratórios e descritivos foram integrados para explorar o potencial do dispositivo de forma detalhada. O método hipotético-dedutivo permitiu a formulação e o teste da hipótese de que o protótipo seria eficiente na coleta e transmissão remota de dados, mantendo-se como uma solução de baixo custo.

Como parte do procedimento metodológico, realizou-se uma revisão bibliográfica baseada em livros, artigos científicos e teses sobre a utilização da plataforma Arduino, além da integração e funcionamento de sensores aplicados ao monitoramento ambiental. Essa etapa embasou a escolha dos sensores e definições tecnológicas, como a adoção do módulo GSM para envio remoto das informações coletadas.

A construção do protótipo seguiu etapas específicas, incluindo a seleção dos sensores, a montagem do circuito com o microcontrolador Arduino e a programação para coleta e transmissão dos dados. Os testes foram realizados em laboratórios da UNEB campus II, utilizando um recipiente com água para simular condições estáveis e avaliar a funcionalidade do dispositivo. Essa abordagem possibilitou uma análise inicial do desempenho do protótipo, permitindo ajustes e garantindo sua viabilidade antes de sua aplicação em campo.

Nos tópicos seguintes, serão detalhadas as características e funcionalidades do protótipo, além dos resultados obtidos durante os testes realizados.

#### 3.1 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

O presente trabalho teve como ponto de partida uma pesquisa bibliográfica sobre o uso de sensores para o monitoramento da qualidade da água. Após essa etapa inicial, o próximo passo consistiu em definir os parâmetros de qualidade da água a serem monitorados, com base

nas diretrizes estabelecidas por autoridades reguladoras, como a Agência Nacional de Águas (ANA). A análise concentrou-se nos parâmetros físicos essenciais, como a turbidez e a temperatura da água, além do fluxo de água, que representa a vazão, dada sua importância na avaliação da qualidade ambiental de corpos hídricos.

A escolha dos sensores foi baseada em critérios como: custo acessível, facilidade de integração e confiabilidade. O **Arduino Uno R3** foi selecionado como microcontrolador principal devido à sua flexibilidade, ampla documentação e popularidade no desenvolvimento de protótipos. Sua capacidade de integrar diferentes módulos e sensores, a simplicidade de sua plataforma de programação e a extensa comunidade de usuários foram fatores determinantes para a escolha, assegurando que o protótipo pudesse ser desenvolvido de maneira facilitada.

Além da placa de prototipagem Arduino, foram escolhidos com base na necessidade de coletar os dados especificados anteriormente e visando os objetivos a serem alcançados os itens:

- a) **Sensor de Temperatura DS18B20:** esse sensor digital é conhecido por sua alta precisão ( $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ) e ampla faixa de operação, de  $-55^{\circ}\text{C}$  a  $+125^{\circ}\text{C}$ . A interface *One-Wire* simplifica a conexão, permitindo o uso de múltiplos sensores no mesmo pino digital, o que é vantajoso para aplicações que exigem expansão.
- b) **Sensor de turbidez:** utilizado para medir a opacidade da água, trata-se de um indicador direto da presença de partículas em suspensão. O sensor utiliza luz infravermelha para detectar alterações na transparência do líquido, e sua saída em tensão elétrica permite que os dados sejam facilmente processados pelo Arduino.
- c) **Sensor de Fluxo de Água:** baseado no efeito Hall, esse sensor mede a vazão da água ao contar pulsos gerados pela rotação de um rotor interno.
- d) **Módulo GSM SIM900a:** foi selecionado para permitir o envio remoto de dados coletados para um aparelho celular via rede 2G, por meio de mensagens de texto (SMS). Esse módulo é particularmente útil em áreas com cobertura limitada ou inexistente de redes de maior velocidade, tornando o envio de dados mais acessível.
- e) **Bateria 12V:** foi selecionada com o objetivo de alimentar o protótipo, especialmente durante os testes e quando ele não estivesse conectado via USB.

Após a escolha dos sensores, o próximo passo foi estabelecer as conexões entre eles. Inicialmente, houve a iniciativa de conexão direta utilizando cabos jumpers, mas essa abordagem não foi bem-sucedida devido à quantidade insuficiente de pinos GND e 5V disponíveis no Arduino para conectar todos os sensores simultaneamente. Com o auxílio de uma *proto-board*, foi possível realizar as conexões adequadas, garantindo que os sensores

fossem devidamente conectados e integrados ao microcontrolador, sem a necessidade de solda, superando a limitação dos pinos e facilitando a montagem do circuito.

Passos da Montagem do Circuito:

- a) **Conexão do Módulo GSM SIM900:** o pino digital 10 do Arduino foi conectado ao pino TX do módulo GSM e o pino digital 11 ao RX, possibilitando comunicação serial. O módulo foi alimentado pelos pinos GND e 5V do Arduino.
- b) **Instalação do Sensor de Fluxo de Água:** conectado ao pino digital 2, com alimentação de 5V e GND pela *protoboard*.
- c) **Configuração do Sensor de Temperatura DS18B20:** instalado no pino digital 3. Um capacitor foi inserido entre a alimentação e o pino de dados para minimizar flutuações de tensão.
- d) **Integração do Sensor de Turbidez:** conectado ao pino analógico A0 do Arduino, permitindo conversão da leitura analógica em NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez).
- e) **Conexão da Bateria de Lítio 12V:** a bateria foi conectada ao conector de alimentação do Arduino, fornecendo energia para todo o circuito. Isso garante que o sistema funcione de forma autônoma, especialmente em locais onde fontes de energia alternativas não estão disponíveis.

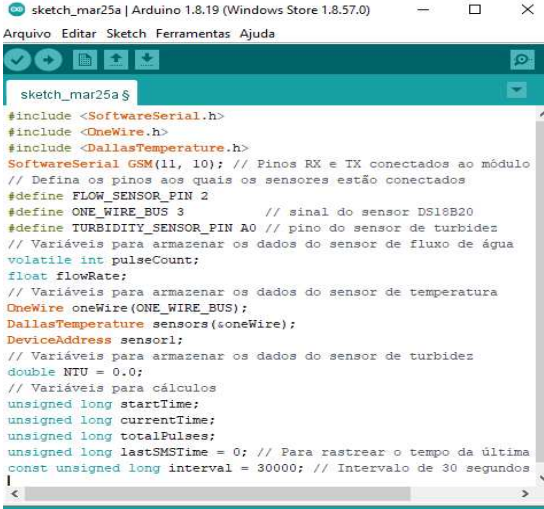
Para uma melhor compreensão das conexões entre os componentes, recomenda-se a consulta aos Apêndices A e B deste trabalho.

Logo após a montagem do circuito, o Arduino UNO foi conectado ao computador através do cabo tipo B/USB, de modo a verificar se todos os sensores estavam funcionando, dando início, assim, à programação. Com as partes conectadas, o código do protótipo foi estruturado na linguagem C++, utilizando a IDE do Arduino 1.9.8. A programação foi organizada em várias etapas para permitir uma comunicação entre os componentes. A escolha da linguagem C++, permite um controle direto sobre o *hardware*, por ser uma linguagem de baixo nível, essencial para a configuração e leitura dos sensores.

A figura 1 mostra uma parte da estrutura no do Arduino IDE com código que contém a inclusão de bibliotecas, como *SoftwareSerial* para a comunicação com o módulo GSM, e *OneWire* e *DallasTemperature* para o sensor de temperatura DS18B20. Variáveis foram definidas para armazenar os dados coletados e gerenciar o intervalo entre os envios de mensagens SMS. A função *setup ()* inicializa a comunicação, configura o módulo GSM e os sensores, além de definir interrupções para o sensor de fluxo. No ciclo principal de *loop()*, o sistema verifica se 30 segundos se passaram desde o último envio e, caso positivo, os dados são

coletados, formatados e enviados via SMS. Funções adicionais, como *getSensorData()* e *sendSMS()*, facilitam a coleta de dados e o envio de mensagens. Também foi incluída uma função de interrupção *pulseCounter()* para o sensor de fluxo e uma função *calc\_NTU()* para calcular a turbidez em NTU com base na leitura analógica do sensor de turbidez.

Figura 1 – Parte do código.



```

sketch_mar25a | Arduino 1.8.19 (Windows Store 1.8.57.0)
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda
sketch_mar25a $
#include <SoftwareSerial.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
SoftwareSerial GSM(11, 10); // Pinos RX e TX conectados ao módulo
// Define os pinos aos quais os sensores estão conectados
#define FLOW_SENSOR_PIN 2
#define ONE_WIRE_BUS 3 // sinal do sensor DS18B20
#define TURBIDITY_SENSOR_PIN A0 // pino do sensor de turbidez
// Variáveis para armazenar os dados do sensor de Fluxo de água
volatile int pulseCount;
float flowRate;
// Variáveis para armazenar os dados do sensor de temperatura
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
DeviceAddress sensor1;
// Variáveis para armazenar os dados do sensor de turbidez
double NTU = 0.0;
// Variáveis para cálculos
unsigned long startTime;
unsigned long currentTime;
unsigned long totalPulses;
unsigned long lastSMSTime = 0; // Para rastrear o tempo da última
const unsigned long interval = 30000; // Intervalo de 30 segundos

```

Fonte: elaborado pelo autor (2024).

O código fonte completo, incluindo a configuração e a lógica de funcionamento do protótipo, está disponível no repositório do GitHub. O acesso ao código pode ser feito através do seguinte link para o repositório no GitHub: <http://bit.ly/4i5fL4Z>.

Observou-se que, ao funcionar para executar o código completo para teste, o sensor de temperatura não o estava lendo corretamente, além de o componente apresentar superaquecimento, comprometendo o manuseio. Para solucionar o problema, foi conectado um resistor de *pull-up* de 4,7kΩ entre o pino de dados do DS18B20 e o 5V.

### 3.1.1 Estrutura de PVC para proteção dos circuitos

Uma vez que o protótipo contém componentes eletrônicos que podem sofrer avaria em contato com a água, foi necessário pensar em uma estrutura que pudesse proteger os componentes durante a sua utilização. Com isso, foi feita uma estrutura utilizando canos de PVC de 25 mm e 150 mm, com dimensões de 63 cm de comprimento, 50 cm de largura e 32 cm de altura base, totalizando uma altura completa de 75 cm total contabilizada. Para as conexões e junções, foram utilizados joelhos (25 mm), Ts (25 mm), luvas com rosca (25 mm e

20 mm) e flanges de 1/2", permitindo um encaixe preciso das peças. As tampas de PVC de 150 mm, junto com as borrachas de vedação, foram posicionadas estrategicamente para impedir que a água entrasse em contato com os componentes eletrônicos. As luvas com rosca facilitam o acesso aos sensores, sem comprometer a vedação.

Essa combinação de materiais visa manter o interior da estrutura seco, prevenindo danos ao equipamento com o propósito de garantir o funcionamento adequado do protótipo em condições de umidade, como mostrado na figura 2.

Figura 2 – Estrutura.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

### 3.1.2 Orçamento

Os preços apresentados no Quadro 1, a seguir, foram obtidos por meio de pesquisas realizadas no site de comércio eletrônico Mercado Livre, em junho de 2024. A escolha desse fornecedor baseou-se na facilidade de acesso, diversidade de produtos e oferta de preços competitivos, tornando-o uma opção confiável para a aquisição dos materiais necessários ao desenvolvimento do projeto.

O levantamento considerou apenas os valores unitários ou de kits dos produtos, excluindo os custos de frete. Ao final, o total estimado foi de R\$ 736,54, representando um custo relativamente baixo em comparação a equipamentos especializados. Por exemplo, um turbidímetro, utilizado para medir a turbidez, possui preços entre R\$ 1.860 e R\$ 3.960. Além disso, até mesmo medidores de vazão funcionais apresentam valores na faixa de R\$ 568 a R\$ 995, reforçando a viabilidade econômica do protótipo desenvolvido.

Quadro 1 – Preço do Material utilizado

Material	Valor (R\$)
Sensor de Temperatura (DS18B20)	14,99
Placa Uno SMD R3 Atmega328 com Cabo USB - Chip SCE	39,00
Sensor de Turbidez	70,99
Sensor de Fluxo de Vazão de Água	35,90
Bateria de Lítio Recarregável 12V	328,00
Protoboard Bread board 830 + Pontos com Jumper	23,75
Tubo PVC Esgoto 150 mm	83,73
Tubo PVC 25 mm	13,98
Tê 25 mm	12,91
Joelho 25mm	28,70
Luva com Rosca 20 mm	17,39
Cap Tampa para Esgoto 150 mm	52,25
Anéis de Vedação de Borracha para Tubo PVC Esgoto 150 mm	14,95
Total	736,54

Fonte: Mercado Livre (2024).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a montagem e programação do protótipo, durante o desenvolvimento, um dos principais desafios encontrados foi garantir a vedação da estrutura física para integridade dos componentes eletrônicos, de forma a evitar a infiltração de água e preservar a funcionalidade do sistema. Por conta disso, foram realizados testes sem a utilização da estrutura de proteção para validar o funcionamento dos sensores de temperatura, turbidez e fluxo de água, bem como do módulo GSM para transmissão de dados. Durante os testes em laboratório, o sistema foi capaz de coletar, processar e enviar os dados via SMS, confirmando a funcionalidade de comunicação remota.

### 4.1 FUNCIONAMENTO DO MÓDULO GSM

O módulo GSM SIM900A foi testado para transmitir os dados capturados pelos sensores via SMS para um *smartphone*. Durante os testes, o módulo demonstrou bom desempenho em áreas com boa cobertura de sinal, mas enfrentou dificuldades em regiões com baixa cobertura, além do risco de bloqueio pela Anatel devido à sua origem chinesa e falta de certificação. Embora a comunicação via SMS tenha se mostrado uma solução eficiente e econômica, especialmente em locais sem acesso à internet, os dados ficaram disponíveis apenas por SMS,

exigindo um processo manual para organização e posterior análise, foi pensado em uma alternativa que seria uma futura integração de um módulo *Shield Data Logger* com cartão de memória, permitindo o armazenamento local dos dados coletados antes de enviá-los via GSM.

Figura 4 – Tela do smartphone constando envio dos dados no aplicativo de sms.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

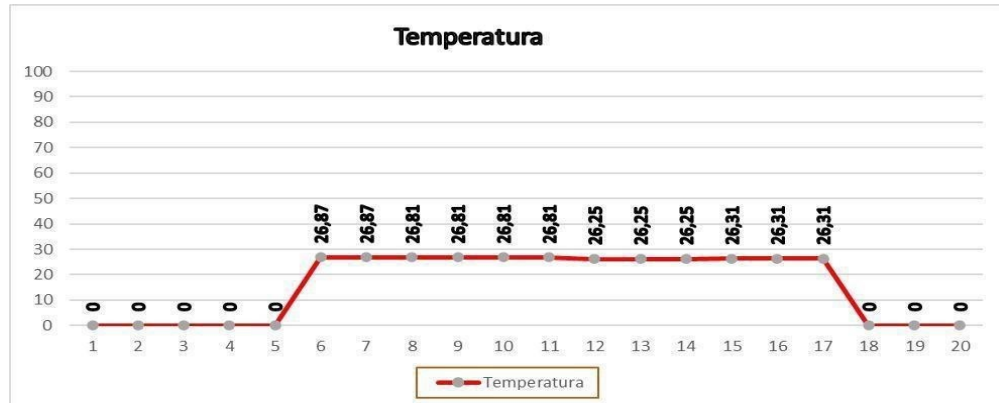
A Figura 4 apresenta a tela de um smartphone exibindo as mensagens enviadas pelo protótipo, contendo as informações coletadas pelos sensores no momento dos testes.

## 4.2 DESEMPENHO DOS SENSORES

**Sensor de Temperatura (DS18B20):** as medições realizadas pelo sensor de temperatura apresentaram leituras precisas e consistentes em condições de análise, conforme ilustrado no gráfico abaixo. Durante os testes iniciais, foram identificados problemas de leitura e aquecimento no barramento *OneWire*, que comprometem o uso adequado do dispositivo. Para corrigir essa situação, foi necessário adicionar um resistor de *pull-up* de 4,7kΩ, o que estabilizou a comunicação.

Com essa modificação, a integração com o Arduino passou a permitir leituras alinhadas às especificações do sensor, garantindo um desempenho confiável para monitorar alterações na qualidade da água, como mostrado no gráfico 1 abaixo.

Gráfico 1 – Dados do Experimento, 2024.



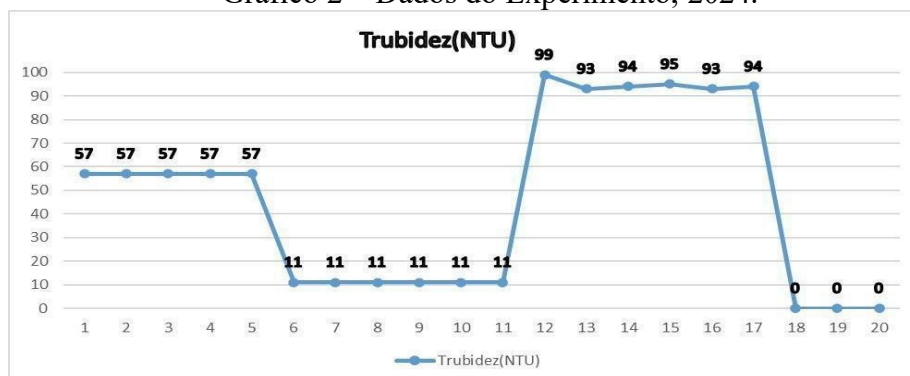
Fonte: elaborado pelo autor (2024).

**Sensor de Turbidez:** as medições realizadas pelo sensor de turbidez, convertidas para Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU), estão ilustradas no gráfico abaixo. Em água relativamente limpa, o sensor estabilizou em 11 NTU, representando baixa turbidez. Inicialmente, ao ser submerso, houve um pico de 54 NTU, devido ao contato inicial com a água, seguido por uma estabilização nos 11 NTU.

Com a adição de uma substância em pó à água, os valores de turbidez aumentaram proporcionalmente à quantidade de partículas suspensas, atingindo o valor máximo de 99 NTU, momento em que a água se tornou visivelmente mais turva. Após a retirada do dispositivo da água, os valores foram a 0, demonstrando a funcionalidade e a precisão do sensor.

Vale ressaltar a importância de realizar a calibração adequada do sensor para o tipo de líquido que se deseja monitorar, garantindo que as medições estejam alinhadas às especificações do fabricante e às condições específicas de cada aplicação.

Gráfico 2 – Dados do Experimento, 2024.



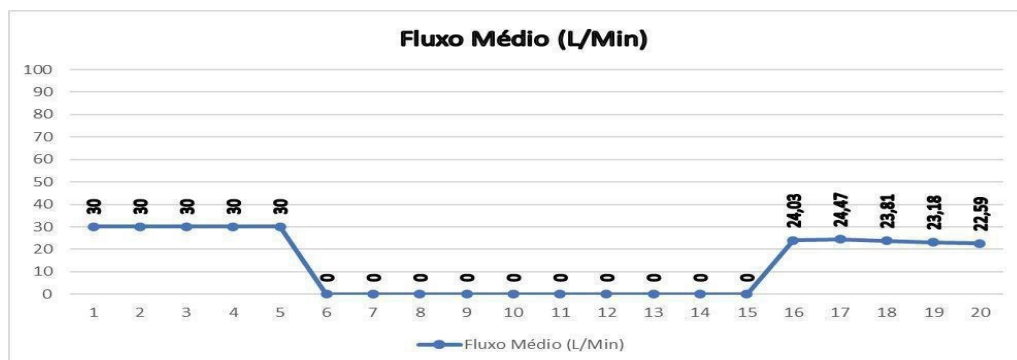
Fonte: elaborado pelo autor (2024).

**Sensor de Fluxo de Água:** durante o desenvolvimento e teste do protótipo, foi identificado que o cálculo do fluxo de água, inicialmente implementado em litros por segundo (L/s), não atendia de forma ideal à necessidade de visualização e interpretação dos resultados no contexto do projeto. Para facilitar o monitoramento e tornar os dados mais intuitivos, o cálculo foi ajustado para apresentar os resultados em litros por minuto (L/min). Além disso, o código foi calibrado com base no fator de calibração fornecido pelo fabricante do sensor que consta em seu manual de uso, garantindo maior precisão.

A fórmula ajustada é:

$$\text{Fluxo de água (L/min)} = \frac{\text{Pulso contados}}{\text{Fator de Calibração} \times \text{Tempo Decorrido (s)}} \times 60$$

Gráfico 3 – Dados do Experimento, 2024.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Como mostrado no gráfico 3, é apresentada a taxa de fluxo de água em litros por minuto, que representa o fluxo médio de vazão monitorado pelo sensor durante o teste realizado no laboratório da UNEB campus II. Essa métrica é obtida por meio das leituras dos pulsos gerados pelo sensor durante um intervalo fixo de tempo, permitindo calcular a média do volume de água que foi direcionado por um tubo no qual passou pelo sistema no período, garantindo sua funcionalidade.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O monitoramento contínuo da qualidade da água é essencial para garantir sua potabilidade e segurança. Esta pesquisa teve como objetivo desenvolver um protótipo de baixo custo para monitorar parâmetros físicos, turbidez, temperatura e fluxo, sendo capaz de coletar e enviar esses dados remotamente. Durante o desenvolvimento, buscou-se compreender os

componentes e tecnologias para criar um dispositivo com custo reduzido em comparação aos equipamentos convencionais.

Em Alagoinhas, na Bahia, cuja economia depende fortemente de recursos hídricos, os estudos acadêmicos sobre a qualidade da água têm se intensificado, com ênfase no desenvolvimento de tecnologias e metodologias voltadas à sua conservação. Nesse contexto, o protótipo desenvolvido oferece uma alternativa viável para pesquisadores que necessitam monitorar variáveis ambientais, levando em consideração limitações financeiras. Com os testes realizados em laboratório, o protótipo possibilitou a coleta remota de dados e o envio via SMS, cumprindo o objetivo de monitoramento à distância e eliminando a necessidade de manipulação frequente para imersão na água. A utilização da placa de prototipagem Arduino, integrada a sensores específicos e a um módulo GSM, mostrou-se satisfatória, permitindo a criação de um equipamento eficiente devido à sua versatilidade e praticidade.

A hipótese do estudo, que sugeria que o uso de microcontroladores e sensores resultaria em um dispositivo de baixo custo e eficiente para monitoramento contínuo e remoto, foi parcialmente confirmada. O protótipo demonstrou eficácia na coleta e envio remoto de dados via SMS, embora tenham surgido limitações técnicas, como o bloqueio do módulo GSM e a calibração dos sensores, que ainda exigem ajustes para otimizar o desempenho. As limitações observadas indicam a necessidade de aprimoramentos para garantir maior funcionalidade e confiabilidade. Embora o protótipo tenha se mostrado uma solução viável para a coleta de dados ambientais a um custo reduzido, ajustes são necessários para garantir sua robustez e operação em cenários mais amplos. Com os aprimoramentos necessários e testes em condições reais, o protótipo tem grande potencial para ser expandido e adaptado a diferentes contextos de monitoramento ambiental.

## REFERÊNCIAS

- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Indicadores e Índice de Qualidade das Águas**. Brasília, [2024]. Disponível em: <https://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx/default.aspx>. Acesso em: 05 set. 2024.
- ARDUINO. **Introduction**. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. Acesso em: 02 out. 2024.
- BANZI, Massimo; SHILOH, Michael. **Primeiros passos com o Arduino: a plataforma de prototipagem eletrônica open source**. 2. ed. São Paulo: Novatec Editora, 2015. Disponível em: <https://books.google.com/books?id=otfECQAAQBAJ>. Acesso em: 02 out. 2024.
- BARBOSA, L. F.; SILVA, R. R. Desenvolvimento de um sistema de monitoramento da temperatura da água utilizando Arduino e sensores digitais. **Revista Brasileira de Tecnologias e Inovações**, [s. l.], 12(1), 35-42, 2018.
- BAXTER, Mike. **Projeto de produto: Guia prático para o design de novos produtos**. São Paulo: Editora Blucher, 2011.
- BIRKHEUER, C. de F. *et al.* Qualidade físico-química e microbiológica da água de consumo humano e animal do Brasil: análise sistemática. **Caderno Pedagógico**, Lajeado, v. 14, n. 1, p. 134-145, 2017. Disponível em: <https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/1362>. Acesso em: 20 set. 2024.
- CASTRO, Marco Antonio Barbosa *et al.* Proposta de dispositivo de monitoramento da qualidade da água de baixo custo. **Revista ComInG-Communications and Innovations Gazette**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 44-55, 2021. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/349208185\\_Proposta\\_de\\_dispositivo\\_de\\_monitoramento\\_da\\_qualidade\\_da\\_agua\\_de\\_baixo\\_custo](https://www.researchgate.net/publication/349208185_Proposta_de_dispositivo_de_monitoramento_da_qualidade_da_agua_de_baixo_custo). Acesso em: 12 set. 2024.
- CETESB - Companhia Ambiental do Estado De São Paulo. **Qualidade das águas subterrâneas: 2019-2021**. São Paulo: CETESB, 2022. Disponível em: [https://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/wp-content/uploads/sites/13/2023/06/QualidadeAguasSubterraneas-2019-2021\\_F.pdf](https://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/wp-content/uploads/sites/13/2023/06/QualidadeAguasSubterraneas-2019-2021_F.pdf). Acesso em: 02 out. 2024.
- FEZARI, Mohamed; AL DAHOUD, Ali. Integrated development environment “IDE” for Arduino. **WSN applications**, [s. l.], v. 11, p. 1-12, 2018. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Mohamed-Fezari-2/publication/328615543\\_Integrated\\_Development\\_Environment\\_IDE\\_For\\_Arduino/links/5bd8c6d24585150b2b9206df/Integrated-Development-Environment-IDE-For-Arduino.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Mohamed-Fezari-2/publication/328615543_Integrated_Development_Environment_IDE_For_Arduino/links/5bd8c6d24585150b2b9206df/Integrated-Development-Environment-IDE-For-Arduino.pdf). Acesso em: 28 out. 2024.
- FINKLER, Alcedir L.; FISCHER, Darlan. Utilização da plataforma GSM em um protótipo de medidor de energia elétrica pré-pago em conexão com redes inteligentes. **Revista Científica Semana Acadêmica**, Fortaleza, ano MMXVI, n. 84, 10 jun. 2016.

- FREITAS, E. J. Integração de sensores e Arduino para o monitoramento da qualidade da água: um estudo prático. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, [s. l.], 9(3), 115-125, 2021.
- GSM WORLD. **GSM**, [s. l.], 2012. Disponível em: <http://www.gsma.com/aboutus/gsmtechnology/gsm/>. Acesso em: 10 out. 2024.
- GUIMARÃES, P. S.; OLIVEIRA, D. M. Monitoramento de Qualidade da Água em Tempo Real Utilizando Arduino e Internet das Coisas. **Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Ambiental**, [s. l.], 2022.
- MERCADO LIVRE. **Mercado Livre** [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.mercadolivre.com.br/>. Acesso em: 10 dez. 2024.
- NOLASCO, G. M. *et al.* Análise da alcalinidade, cloretos, dureza, temperatura e condutividade em amostras de água do município de Almenara/MG. **Recital - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG**, Almenara, v. 2, n. 2, p. 52–64, 2020. DOI: 10.46636/recital.v2i2.60. Disponível em: <https://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital/article/view/60>. Acesso em: 20 set. 2024.
- PALHAIS, Catarina. **Prototipagem**: Uma abordagem ao processo de desenvolvimento de um produto. 2016. (Tese de Mestrado) Especialização em Design de Produto, Universidade De Lisboa Faculdade De Belas-Artes, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ul.pt/handle/10451/29163>. Acesso em: 28 set. 2024
- RAMOS, M. Contim; DE ANDRADE, V. Silva. Development, construction and calibration a central monitoring energy consumption and water using arduino microcontroller. **Revista Produção e Desenvolvimento**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 39–50, 2016. DOI: 10.32358/rpd.2016.v2.98. Disponível em: <https://revistas.cefet-rj.br/index.php/producaoedesenvolvimento/article/view/e98>. Acesso em: 29 out. 2024.
- SENSOR – O que é, conceito e definição. **Conceito.de**, [s. l.], 2020. Disponível em: <https://conceito.de/sensor>. Acesso em: 02 out. 2024.
- SILVA, A. C. **Projeto de um sistema de domótica utilizando Arduino**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2014. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/riufcg/18341/ADEMIR%20CAVALCANTE%20E%20SILVA%20-%20TCC%20ENG.%20EL%20C%3%89TRICA%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 10 dez. 2024.
- SILVA, R. L.; NASCIMENTO, T. R.; SANTOS, M. A. Aplicação de Sensores de Turbidez no Monitoramento da Qualidade da Água em Áreas Rurais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 25(4), p. 365-372, 2021.
- SOUZA, C. A.; ALMEIDA, J. P. Uso de Sensores de Turbidez no Monitoramento de Estações de Tratamento de Água. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, [s. l.], 25(2), 145-152, 2020.
- SOUZA, Douglas Grando de; HEIDEMAN, Leonardo Albuquerque; VEIT, Eliane Angela (orgs.). **Atas do VII Encontro Estadual de Ensino de Física** [recurso eletrônico]. Porto

Alegre : UFRGS – Instituto de Física, 2017. Disponível em: [https://ppgenfis.if.ufrgs.br/7eeefis/Atas\\_VII\\_EEEFis-RS.pdf](https://ppgenfis.if.ufrgs.br/7eeefis/Atas_VII_EEEFis-RS.pdf). Acesso em: 10 dez. 2024.

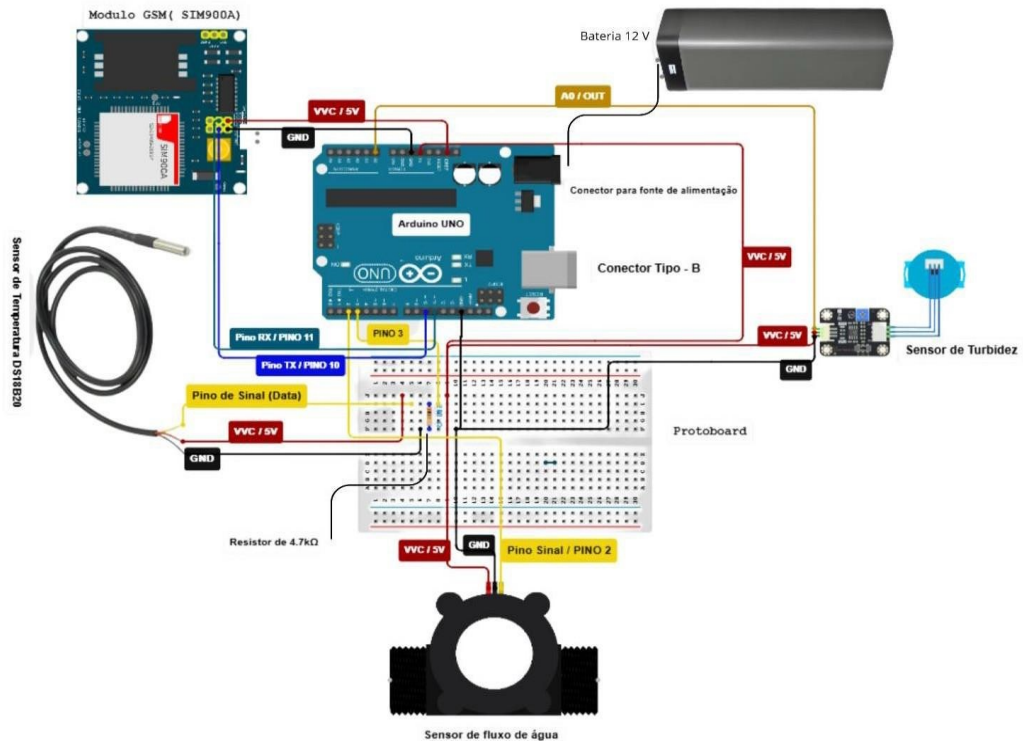
STRAUB, Matheus Gebert. Sensor de pH: Como Calibrar e Configurar. **UsinaInfo**, [s. l.], 23 maio 2022. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/blog/sensor-de-ph-arduino-como-calibrar-e-configurar/>. Acesso em: 12 set. 2024.

TAVARES, Bruno Odate. **Otimizando procedimentos com uso da IoT no gerenciamento inteligente das salas de aula da Esmat**. 2020. 64 f. Dissertação (Mestrado em Modelagem Computacional e Sistemas) – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-graduação em Modelagem Computacional e Sistemas, Palmas, 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11612/2849>. Acesso em: 10 dez. 2024.

TROSBY, Finn. SMS, o patinho estranho do GSM. **Telektronikk**, [s. l.], v. 100, n. 3, 2004. ISSN 0085-7130. Disponível em: <https://researchportal.unamur.be/files/54613848/8721.pdf>. Acesso em: 10 set. 2024.

WENDLING, Marcelo. **Sensores**. Guaratinguetá: Universidade Estadual Paulista, 2010. Disponível em: [https://www.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/4 ---sensores-v2.0.pdf](https://www.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/4---sensores-v2.0.pdf). Acesso em: 06 dez. 2024.

## APÊNDICE A – CONEXÃO DOS SENSORES E MÓDULOS AO ARDUINO



**APÊNDICE B – CONEXÃO DOS SENSORES E MÓDULOS AO ARDUINO**