

MONITORAMENTO REMOTO DE ÁGUAS FLUVIAIS DE BAIXO CUSTO

Alexandre Magnus Fernandes Guimarães¹, Erick Custódio Vitória², Eduarda Yasmimm Fernandes dos Santos², José Jussier Silva Pereira², Pedro Henrique Sousa de Oliveira Xavier²

¹Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil
(alexandre.guimaraes@ufrn.br)

²Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil

Resumo: Esta proposta visa desenvolver um sistema econômico de monitoramento de águas fluviais utilizando placas Arduino, módulos sensores de turbidez e temperatura, e tecnologia LoRa para transmissão remota de dados. Formando uma estação de monitoramento remoto que enviará dados periodicamente para uma estação receptora. Os dados serão analisados por especialistas geográficos e ambientais para colaborar com a identificação e resolução de questões ambientais fluviais.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto de rios; transmissão de dados à longas distâncias; qualidade das águas fluviais.

INTRODUÇÃO

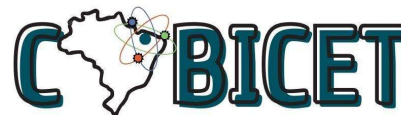
Os rios possuem um papel fundamental em nosso dia a dia, sendo um dos principais atuantes para a preservação do nosso ecossistema aquáticos e também ao garantir um abastecimento de água potável para as comunidades humanas. Sendo detentor de várias espécies de plantas e animais, também possuem seu lugar no espaço da agricultura no âmbito da irrigação. Dessa forma, visar pela sua qualidade é de extrema importância, visto que a poluição vem aumentando exponencialmente, enfatizando o ato de despejo de resíduos industriais que são lançados diretamente nestes rios, comprometendo a saúde do ecossistema e também das comunidades que dependem dos recursos fornecidos por eles. A poluição agrícola, que vem sendo crescente bem como a industrial, onde ocorre através do contato de fertilizantes e pesticidas com as águas fluviais, ocasionando assim eutrofização (processo de contaminação de rios ou lagos, que acabam adquirindo uma cor um pouco esverdeada e ficando com níveis extremamente baixos de oxigênio dissolvido) e desequilíbrios nos ecossistemas aquáticos. Dentre os pontos mencionados anteriormente, vale frisar a crescente poluição urbana que vem apresentando-se exponencialmente de forma desorganizada. O lançamento inadequado de esgotos domésticos e industriais sem tratamento adequado contamina os corpos d'água, comprometendo a sua qualidade e tornando-os impróprios para consumo humano e atividades recreativas (CONAMA, 2005).

A presente pesquisa visa minimizar os efeitos poluentes de águas fluviais por meio de

monitoramento à distância utilizando um sistema eletrônico embarcado de baixo custo associado a sensores. Esse trabalho fornecerá informações a especialistas ambientais para que medidas cabíveis sejam tomadas.

MATERIAL E MÉTODOS

As estações fluviométricas são fundamentais para monitorar e analisar as águas dos rios, fornecendo dados valiosos para a gestão dos recursos hídricos e a preservação dos ecossistemas. A tecnologia LoRa (Long Range) é uma tecnologia de comunicação sem fio desenvolvida especificamente para a Internet das Coisas (IoT), que permite a transmissão de dados de longas distâncias de forma eficiente e econômica, é cada vez mais utilizada nessas estações. Os sensores nas estações coletam dados importantes como temperatura e turbidez, dentre outros, que são transmitidos para um centro de monitoramento via LoRa. A análise desses dados é crucial para entender as condições dos rios, permitindo uma avaliação precisa da qualidade da água e a detecção de eventos. A combinação de microcontroladores com a tecnologia LoRa oferece uma solução completa para a aquisição, processamento, transmissão e recepção de dados dos sensores em estações fluviométricas, garantindo o monitoramento contínuo das águas dos rios (Simas; Facchin, 2020). Este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema de baixo custo para aquisição de dados fluviométricos, que será útil para a análise da qualidade das águas dos rios no estado do Rio Grande do Norte.



O sistema inclui sensores para coleta de informações básicas, um microcontrolador para processar os dados e transmissores/receptores com tecnologia LoRa para enviar/receber os dados à longas distâncias. A segurança dos dados coletados é uma prioridade, com a implementação de mecanismos de autenticação, criptografia e armazenamento seguro. Na estação receptora, os dados são decodificados por outro microcontrolador, que poderá armazená-los, retransmiti-los a um microcomputador ou enviá-los à “nuvem”.

Há a previsão de desenvolvimento de um aplicativo para sistemas operacionais Windows ou Android, permitindo a visualização dos dados por um dispositivo móvel. Este Projeto servirá de base para a análise de dados dos Departamentos de Geografia e Ambiental da Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

Para a transmissão de dados entre a estação de transmissão e a estação de recepção, foram escolhidos os módulos LoRa E-32 da fabricante Ebyte. Esses módulos são conhecidos por serem componentes de comunicação sem fio que utilizam a tecnologia LoRa, oferecendo transmissão de dados a longas distâncias com baixo consumo de energia. Os módulos operam na frequência de 433MHz, com um alcance de até 8 km em espaços abertos.

Além dos módulos de comunicação, foram utilizados sensores não invasivos, como o sensor de temperatura DS18B20 e o sensor de turbidez.

A turbidez da água, embora não seja o único parâmetro para determinar a qualidade da água, está diretamente relacionada à presença de micro-organismos e partículas sólidas, que influenciam a capacidade de proliferação de patógenos. É importante destacar que um índice baixo de turbidez não garante que a água seja potável.

De maneira resumida, o sensor de turbidez detecta a qualidade da água através da medição dos níveis de turbidez ou opacidade. Ele utiliza um sistema de análise para detectar partículas suspensas na água. O aumento na turbidez é causado por partículas sólidas, como materiais orgânicos e argila, que interferem na propagação da luz. Isso está associado ao efeito Tyndall, que descreve a dispersão da luz projetada em um líquido – quanto maior o número de partículas, mais a luz será espalhada.

Segundo especialistas, o monitoramento da temperatura da água também é um parâmetro importante a ser considerado. A temperatura pode influenciar diversas características da água, incluindo a solubilidade de gases e a atividade biológica, o que pode, por sua vez, afetar a qualidade da água.

Tabela 1 - Quantidades e valores dos componentes utilizados no projeto.

Componentes	Quantidade	Valor Unitário (R\$)
Arduino Uno R3	02	R\$ 94,90
Transceptores Lora E32-433Hz	02	R\$ 123,40
Sensor de temperatura DS18B20	01	R\$ 15,31
Sensor de turbidez	01	R\$ 90,16
Display LCD 16x2	01	R\$ 18,90
Módulo I ² C	01	R\$ 9,90
Outros (Protoboard, resistor e jumpers)	-	R\$ 16,30
Total	-	R\$ 368,87

O monitoramento da qualidade da água permite a caracterização e a análise de tendências em bacias hidrográficas. Existem diversas formas de avaliar a qualidade da água de um corpo hídrico. Parâmetros físico-químicos e biológicos de amostras de água colhidas nos rios e reservatórios são amplamente empregados como indicadores de qualidade da água. No Brasil, os níveis e concentrações de vários indicadores na água são usados como referência para o enquadramento dos corpos hídricos segundo classes de qualidade de água. A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e as Unidades da Federação (UF) mantêm redes de monitoramento com base nesses indicadores, porém, essas redes ainda não apresentam uma análise mais fiel da situação atual da qualidade de nossas águas (ANA, 2012). No caso específico do estado do Rio Grande do Norte, ainda há muito a ser feito em relação a esse aspecto (Macedo et al., 2021).

As estações fluviométricas desempenham um papel essencial no monitoramento e análise das águas dos rios. Essas estações são equipadas com dispositivos de medição e sensores que coletam dados importantes para avaliar a qualidade da água, o volume do fluxo e outros parâmetros relevantes. Com o avanço tecnológico, essas informações podem ser transmitidas de forma remota, permitindo um acompanhamento em tempo real e uma melhor compreensão das condições dos rios (Devalal e Karthikeyan, 2018). Uma estação fluviométrica típica é composta por uma série de sensores que medem diversos parâmetros da água. Entre os principais parâmetros medidos, incluem-se (Cottica e Laynez, 2019):

1. Nível da água;
2. Vazão;
3. Temperatura;
4. Turbidez;
5. Condutividade elétrica;
6. pH;
7. DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio);

8. TDS (Total Dissolved Solids).

A Figura 1 mostra o esquema de ligação da estação fluviométrica remota e a Figura 2 da estação local utilizando-se do software Fritzing. No atual estágio do projeto, apenas estão contemplados os dados de temperatura e turbidez da água. Os demais sensores ainda estão em processo de aquisição. No entanto, as entradas dos demais sensores já foram implementadas.

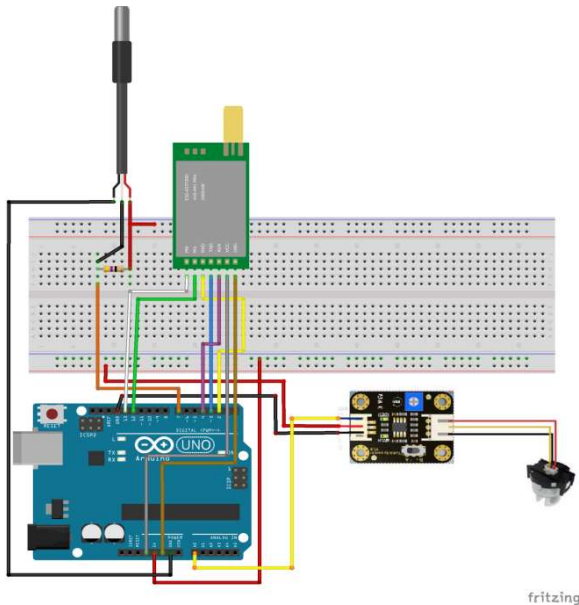


Figura 1. Estação fluviométrica de transmissão de dados (remota). Fonte: Fritzing, 2024.

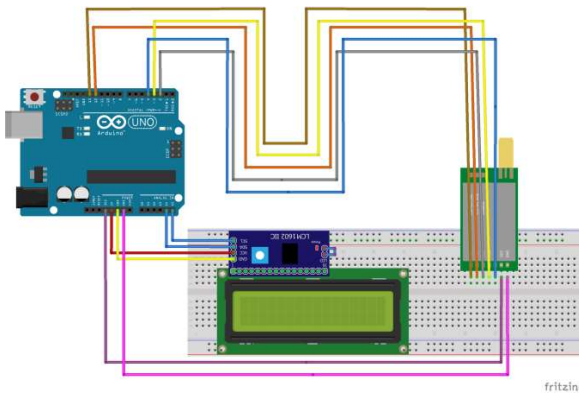


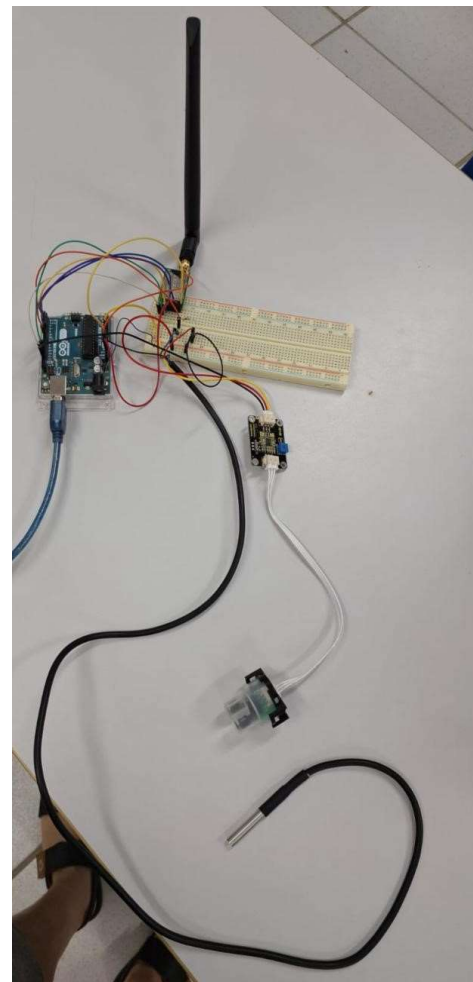
Figura 2. Estação fluviométrica de recepção de dados (local). Fonte: Fritzing, 2024.

Uma vez coletados, esses dados são transmitidos de forma remota para um centro de monitoramento por meio de transceptores LoRa. A transmissão pode ser realizada de diferentes maneiras, dependendo da infraestrutura disponível e da localização da estação remota. As opções incluem a transmissão via satélite, sistemas de telefonia móvel (como 3G, 4G ou 5G), redes de rádio ou até mesmo através de conexões de internet convencionais (Mastelini, 2023). O projeto prevê a construção de uma estação fluviométrica com

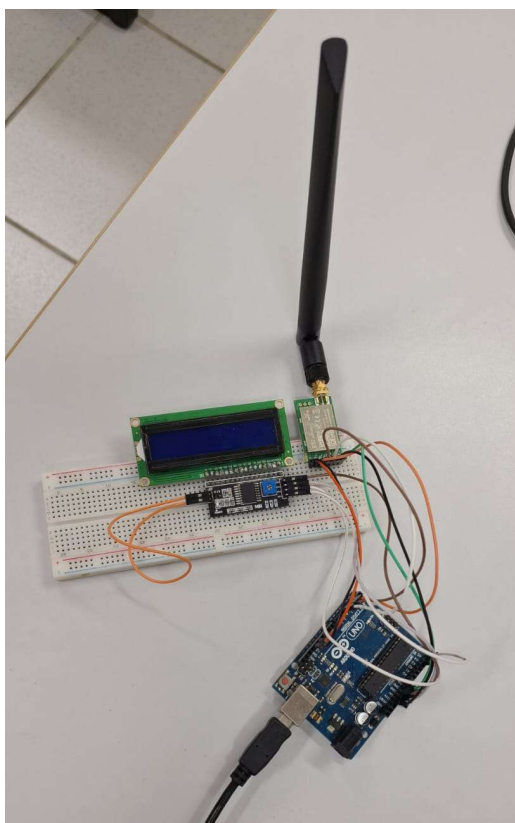
transmissão a longas distâncias das informações, bem como o desenvolvimento de um aplicativo de análise desses dados. A ideia fundamental deste trabalho é a redução de custos nos trabalhos de pesquisa na linha de qualidade das águas, considerando que os recursos estão constantemente escassos nas instituições de pesquisa e a burocracia para a aquisição de equipamentos similares se torna um tanto complexa e demorada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados coletados pelos sensores ligados ao Arduino Uno fornecem uma perspectiva sobre as condições do nosso local de estudo. No estágio atual da pesquisa somente foram utilizados os sensores de temperatura e turbidez. O protótipo da estação fluviométrica remota e a estação local implementadas são exibidas na Figura 3. Já a Figura 4 mostra os sensores de turbidez e temperatura até o momento utilizados.

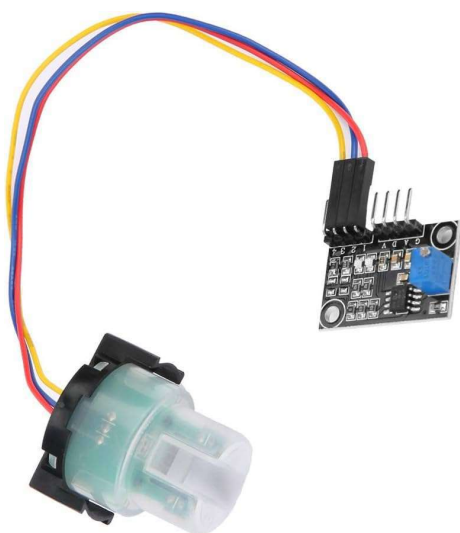


(a)



(a)

Figura 3. Protótipos da estação fluviométrica de transmissão de dados (a) e a estação local (b).



(b)



(a)

Figura 4. Sensores de turbidez (a) e temperatura (b) utilizados.

Nesse primeiro momento, para a análise dos comportamentos dos dados, utilizou-se o software Microsoft Excel para a obtenção dos dados dos sensores em tempo real e histórico através da porta USB de um PC. Na Figura 5, a turbidez é representada pelo canal 1 (CH1), apresenta variações significativas ao realizar os testes dados em laboratório, indicando que em ambientes reais o mesmo contará com um ótimo rendimento. A temperatura, representada pelo canal 2 (CH2), por outro lado, mostra-se mais estável, o que é típico em ambientes aquáticos onde ocorre uma baixa influência de variações térmicas rápidas.

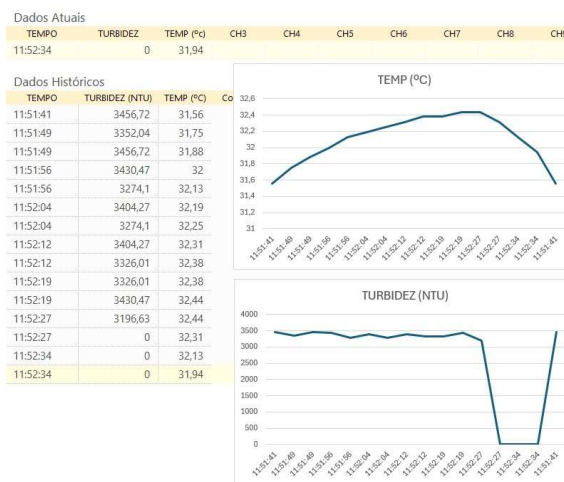
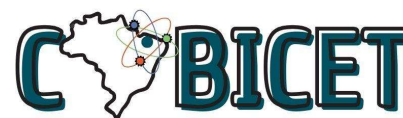


Figura 5. Comportamentos da temperatura e turbidez da água obtidos em testes de laboratório. Fonte: Microsoft Excel.

Ao analisar os dados apresentados, observa-se que a turbidez da água, CH2, ao oscilar entre valores de 3274,1 e 3430,47 NTU e a temperatura, CH1, possuindo uma variação menor de 0,12°C, indicando um ambiente estável. Observa-se que isso pode ser benéfico para a manutenção da homeostase dos



organismos aquáticos, condição em que uma espécie consegue obter um equilíbrio com o ambiente, e também para os processos químicos e biológicos na água (Miller; Spoolman, 2015). Tais parâmetros serão analisados por especialistas da área e que darão um retorno mais rápido acerca de como proceder em caso de pequenos ou grandes sinistros nestes ambientes.

CONCLUSÃO

A preservação dos rios é essencial para a manutenção dos ecossistemas aquáticos e para garantir o abastecimento de água potável às comunidades humanas. A crescente poluição industrial, agrícola e urbana tem comprometido a qualidade das águas fluviais, afetando tanto a biodiversidade quanto a saúde pública. Diante desse cenário, a pesquisa apresentada propõe uma solução inovadora e de baixo custo para o monitoramento contínuo da qualidade da água dos rios, utilizando tecnologia LoRa e sensores avançados.

Os próximos passos será a implementação de um software no sistema operacional Android para facilitar e oferecer maior dinâmica à leitura dos dados a qualquer momento ou local, sendo apenas necessário o smartphone está conectado a internet para acessar as informações necessárias. Além disso, é necessário adicionar os demais sensores para uma análise mais robusta e precisa das condições que a água se encontra. Esses sensores adicionais ainda estão em processo de aquisição por parte da UFRN.

O sistema desenvolvido permite a coleta e transmissão de dados em tempo real, fornecendo informações cruciais para a análise e tomada de decisões por especialistas ambientais. A implementação de mecanismos de segurança, como autenticação e criptografia, assegura a integridade dos dados coletados. Além disso, a previsão de um aplicativo para dispositivos móveis facilita o acesso e a visualização dos dados, tornando o monitoramento mais acessível e eficiente.

Este projeto não só contribui para a gestão sustentável dos recursos hídricos no estado do Rio Grande do Norte, mas também serve como modelo para outras regiões enfrentarem desafios semelhantes. A integração de tecnologias emergentes na gestão ambiental demonstra o potencial de soluções tecnológicas para mitigar os impactos da poluição e promover a conservação dos ecossistemas aquáticos.

Em suma, a pesquisa destaca a importância de ações proativas e inovadoras na preservação dos rios, reforçando a necessidade de monitoramento contínuo e de políticas públicas eficazes para proteger nossos recursos hídricos. A colaboração entre universidades, governos e comunidades é fundamental para alcançar um futuro sustentável e saudável para todos

AGRADECIMENTOS

Nós, da equipe do projeto, gostaríamos de expressar nossa sincera gratidão a todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

Primeiramente, agradecemos ao nosso orientador, professor Alexandre Guimarães, por sua orientação, paciência e investimentos ao longo de todo o desenvolvimento do projeto. Sua expertise e seus conselhos foram fundamentais para o sucesso deste trabalho.

Agradecemos também à Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) por fornecer os recursos, a infraestrutura e o ambiente propício para a realização da nossa pesquisa. A instituição foi essencial para que pudéssemos desenvolver nosso projeto com a qualidade e a profundidade necessárias.

Reconhecemos o esforço e a colaboração de todos os membros da nossa equipe. Cada um de vocês contribuiu de maneira significativa para que este trabalho fosse concluído com êxito.

REFERÊNCIAS

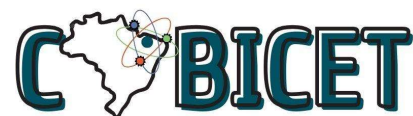
Agência Nacional de Águas - ANA. (2012). Estudos Hidrogeológicos para a Orientação do Manejo das Águas Subterrâneas da Região Metropolitana de Natal. Brasília: ANA, 284 p. (Volume 1 – Apêndices). Disponível em: <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/1a1693f1-68f6-4697-9232-fecb8f42a035>> Acesso em: 22 de set. 2020;

BRASIL. (2005). Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasil, 18 mar. 2020. p. 01-27;

DEVALAL, S.; KARTHIKEYAN, A. (2018). LoRa Technology - An Overview, 2018 Second International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA), Coimbatore, India, pp. 284-290, doi: 10.1109/ICECA.2018.8474715;

MACEDO, Y. M.; TROLEIS, A. L.; ALMEIDA, L. Q. (2021). Risco de Desabastecimento hídrico na região Seridó, Rio Grande do Norte, Brasil, ISSN: 19842295.

SIMAS, G. W.; FACCHIN, M. P. (2020). Implementação de um monitoramento remoto com Rádio Lora e MODBUS TCP/IP. Engenharia Elétrica-Pedra Branca. MASTELINI, V. (2023). Desenvolvimento de sistema especialista para análise da qualidade da água para piscicultura de tilápias em tanque-rede: uma aplicação da lógica fuzzy, Dissertação apresentada ao Programa de Pós-



Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento,
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Filho.

MILLER, G. T.; SPOOLMAN, S. E. Ciência
Ambiental. Editora Cengage. 2015