

# Avaliação do Fluxo e Nível de Água em Nascentes

**Lucas Barbosa e Silva Barbosa**

**lucas.esilva@aedb.br**

**AEDB**

**Luis Guilherme de Andrade Sesso**

**luis.sesso@aedb.br**

**AEDB**

**Tiago Duarte Amorim**

**tiago.duarte @aedb.br**

**AEDB**

**Resumo:** Este estudo tem como objetivo desenvolver e implementar um sistema de monitoramento em tempo real para o fluxo e nível de água em nascentes, visando mitigar os riscos de desastres naturais, como cabeças d'água, e promover a segurança das comunidades locais. Para assegurar a eficácia do sistema, serão utilizados sensores ultrassônicos para medição de distâncias, sensores de umidade do solo e sensores de fluxo de água. Um protótipo será construído utilizando a plataforma Arduino, que integrará esses sensores e permitirá a coleta contínua de dados. A transmissão dos dados será realizada por meio de módulos e antenas LoRa, facilitando a comunicação em longas distâncias e áreas remotas. A análise dos dados coletados será crucial para identificar padrões e variações no fluxo e nível de água, possibilitando a correlação com eventos de cabeças d'água. Com base nessas análises, será implementado um sistema de alerta precoce, capaz de emitir sinais de aviso sobre aumentos abruptos no fluxo e nível de água, enviando informações para um painel de controle central com um alarme sonoro. O projeto é fundamentado em razões teóricas e práticas. A prevenção de desastres naturais e acidentes é essencial para garantir a segurança das pessoas, especialmente em áreas vulneráveis a cabeças d'água. O desenvolvimento de um sistema de monitoramento em tempo real, utilizando tecnologias acessíveis e eficientes, proporciona uma solução prática e necessária para enfrentar esse desafio. Assim, a relevância deste projeto é evidente tanto no contexto teórico quanto prático. O referencial teórico abrange áreas como hidrologia, estratégias de prevenção de desastres naturais, tecnologias de monitoramento ambiental e políticas de gestão de recursos hídricos. A adoção de tecnologias modernas e acessíveis, como Arduino e sensores especializados, oferece uma abordagem eficaz para o monitoramento contínuo e

preciso do fluxo e nível de água nas nascentes.

**Palavras Chave: Monitoramento - Nível de água - Arduino - Sensores - LoRa**

## 1. INTRODUÇÃO

O aumento do nível e do fluxo da água tem se tornado uma preocupação premente no contexto global atual. Além da necessidade vital de preservar a água como recurso essencial, é igualmente importante prevenir desastres naturais que podem resultar em perda de vidas humanas. Fenômenos como as cabeças d'águas, caracterizados por aumentos súbitos no fluxo e no nível da água, exemplificam desastres que podem causar danos significativos. Este projeto propõe o monitoramento do fluxo e do nível de água em nascentes com o objetivo de prevenir acidentes decorrentes de cabeças d'águas e preservar vidas humanas, empregando componentes eletrônicos como Arduino, sensores ultrassônicos de distância, sensores de umidade do solo, sensores de fluxo de água, módulos LoRa e antenas LoRa.

A necessidade de um sistema de monitoramento eficiente e em tempo real se torna evidente quando consideramos a frequência e a intensidade crescentes dos eventos climáticos extremos, resultantes das mudanças climáticas globais. A variabilidade climática tem causado chuvas mais intensas e tempestades mais frequentes, aumentando a probabilidade de cabeças d'águas e outros desastres hidrológicos. Assim, a implementação de um sistema que possa fornecer dados em tempo real sobre o fluxo e o nível de água em nascentes é crucial para a prevenção de desastres e a mitigação de seus impactos.

O objetivo principal deste estudo é desenvolver e implementar um sistema eficiente de monitoramento em tempo real do fluxo e do nível de água em nascentes, com a finalidade de prevenir desastres naturais, como cabeças d'águas, e assim contribuir para a preservação de vidas humanas na região. Para garantir a eficácia do projeto, serão utilizados sensores ultrassônicos de distância, sensores de umidade do solo e sensores de fluxo de água no monitoramento contínuo das nascentes. Será desenvolvido um protótipo utilizando a plataforma Arduino para integrar os diferentes sensores e coletar dados de forma contínua, transmitindo essas informações por meio de módulos LoRa e antenas LoRa, possibilitando a comunicação de dados a longas distâncias e em áreas remotas.

A análise dos dados coletados é essencial para prever o aumento do nível e do fluxo de água. A identificação de padrões e variabilidades no fluxo e no nível de água, correlacionados com eventos de cabeças d'águas, permitirá a implementação de um sistema de alerta precoce. Este sistema, baseado nos dados monitorados, visa prevenir acidentes e desastres naturais relacionados ao aumento súbito do fluxo e do nível de água, transmitindo as informações para um painel de controle central com alarme sonoro. O sistema de alerta precoce, portanto, não apenas fornecerá dados em tempo real, mas também permitirá uma resposta rápida e eficaz em situações de emergência.

A realização deste projeto é justificada por diversas razões teóricas e práticas. Primeiramente, a prevenção de acidentes e desastres naturais é fundamental para garantir a segurança e a vida humana, especialmente em áreas vulneráveis a cabeças d'águas. A implementação de um sistema de monitoramento contínuo e em tempo real, utilizando tecnologias acessíveis e eficazes, pode fornecer uma solução prática e urgente para essa necessidade. Além disso, a abordagem tecnológica proposta pelo projeto, que inclui o uso de Arduino, sensores ultrassônicos e comunicação LoRa, é inovadora e oferece uma forma custo-efetiva de monitorar e prever desastres naturais.

A relevância do problema é evidente tanto em contextos teóricos quanto práticos. O referencial teórico deste projeto inclui estudos de hidrologia, prevenção de desastres naturais, tecnologia de monitoramento ambiental e políticas de gestão de recursos hídricos. O uso de componentes eletrônicos modernos e acessíveis, como Arduino e sensores específicos, oferece uma abordagem viável para monitorar de forma precisa e contínua o fluxo e o nível de água em nascentes. A combinação desses componentes permite a criação de um sistema

integrado capaz de fornecer dados precisos e em tempo real, essencial para a tomada de decisões informadas em situações de emergência.

A problemática deste tema pode ser formulada da seguinte maneira: "Quais são as metodologias mais eficazes para monitorar o fluxo e o nível de água em nascentes utilizando componentes eletrônicos, com o objetivo de prevenir acidentes e desastres naturais como cabeças d'água?" Essa questão orientadora direciona a investigação do projeto, permitindo uma análise detalhada das tecnologias disponíveis e das melhores práticas para o monitoramento hidrológico.

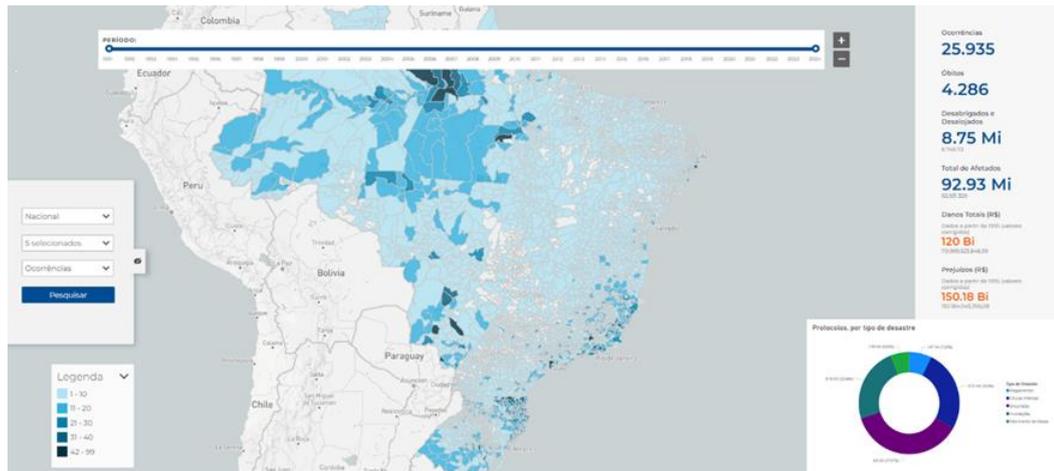
Essa abordagem abrange a complexidade do monitoramento hidrológico com tecnologia moderna, exigindo uma análise detalhada das capacidades e limitações dos componentes eletrônicos utilizados, bem como a eficácia do sistema proposto em prevenir desastres naturais. O problema deve ser investigado considerando a viabilidade técnica, a relevância dos dados coletados, a novidade das abordagens propostas, a exequibilidade das metodologias e a oportunidade de aplicação prática dos resultados em sistemas de alerta precoce. O contínuo processo de reflexão e investigação permitirá a formulação de hipóteses e o desenvolvimento de soluções inovadoras para o monitoramento eficiente das nascentes, contribuindo significativamente para a segurança pública e a preservação deste recurso vital.

Em suma, este projeto visa solucionar um problema central na prevenção de desastres naturais, fornecendo dados e metodologias que podem ser aplicadas para garantir a segurança e a conservação das nascentes. Isso é essencial para a manutenção do ciclo hidrológico e da vida em diversas escalas, contribuindo significativamente para a segurança pública através da obtenção de informações essenciais para a tomada de decisões em políticas de prevenção de desastres naturais. A implementação de um sistema de monitoramento eficiente não apenas beneficiará a comunidade local, mas também poderá servir como modelo para outras regiões vulneráveis a desastres hidrológicos, promovendo uma abordagem proativa e preventiva na gestão de recursos hídricos e na proteção contra desastres naturais.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1. DESASTRES HIDROLÓGICOS**

Desastres hidrológicos, como enchentes, chuvas torrenciais, enxurradas, inundações e deslizamentos de terra, têm um efeito significativo em diversas regiões do mundo, incluindo o Brasil. Esses eventos naturais ocorrem frequentemente e, muitas vezes, com uma força devastadora. De acordo com dados recentes do Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, o Brasil registrou 25.935 casos de desastres hidrológicos, resultando em 4.286 mortes e deixando 8,75 milhões de pessoas sem moradia. No total, 92,93 milhões de pessoas foram afetadas, com danos totais estimados em 120 bilhões de reais e prejuízos atingindo 150,18 bilhões de reais, conforme mostrado na Figura 1. Esses números impressionantes ressaltam a necessidade urgente de desenvolver e implementar sistemas eficazes de monitoramento e alerta para reduzir os impactos desses desastres.



**Figura 1:** Atlas Brasileiro de Desastres Naturais – Mapa de Desastres Hidrológicos

**Fonte:** BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Secretaria de Proteção e Defesa Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil. Atlas Digital de Desastres no Brasil. Brasília: MIDR (2023)

A seriedade desses eventos pode ser observada na Figura 2, onde uma cabeça d'água surpreendeu banhistas, resultando em mortes e desaparecimentos em Itatiaia, RJ. Este incidente sublinha a importância de sistemas de alerta precoce para prevenir tragédias semelhantes.

A gestão de desastres hidrológicos tem evoluído significativamente ao longo do tempo com o desenvolvimento de novas tecnologias e metodologias. No passado, os métodos de monitoramento eram rudimentares, frequentemente baseados em observações manuais e registros escritos, limitando a precisão e a eficácia das respostas emergenciais (Marques, D. M. L. M., & Loureiro, S. R., 2001). Com o avanço da ciência e da tecnologia, sistemas mais avançados, como radar meteorológico, satélites e modelos de previsão hidrológica, foram desenvolvidos (Smith & Ward, 1998). Esses sistemas modernos permitem uma coleta de dados mais precisa e uma análise em tempo real, melhorando a capacidade de resposta a desastres e a formulação de estratégias de mitigação (Silva, A. M., 2010).



**Figura 2:** Cabeça d'água surpreende banhistas em Itatiaia - RJ

**Fonte:** [https://avozdacidade.com/wp/cabeça-dagua-surpreende-banhistas-e-deixa-um-morto-e-varios-desaparecidos-em-itatiaia/#google\\_vignette](https://avozdacidade.com/wp/cabeça-dagua-surpreende-banhistas-e-deixa-um-morto-e-varios-desaparecidos-em-itatiaia/#google_vignette)

## 2.2. ESTUDOS E MONITORAMENTO DE DESASTRES HIDROLÓGICOS

O monitoramento de desastres hidrológicos é vital para a prevenção e mitigação dos danos. Pesquisas mostram que sistemas de alerta precoce são essenciais para salvar vidas e reduzir perdas materiais (Tucci, C. E. M, 2007). A fluviometria e a hidrometria são ciências importantes para a coleta de dados sobre o fluxo e volume de água, fundamentais para prever enchentes e inundações. De acordo com Ward e Robinson (1990), a análise desses dados permite a formulação de hipóteses e a definição de estratégias eficazes para a gestão dos recursos hídricos. A literatura científica sobre monitoramento hidrológico é extensa e abrange estudos de caso, análises estatísticas e modelos de previsão que ajudam a entender e prever os comportamentos hidrológicos em diferentes cenários climáticos (Ward & Robinson, 1990).

Sistemas de monitoramento modernos utilizam dados de estações meteorológicas, sensores de nível de água e modelos de previsão hidrológica, facilitando a tomada de decisão em tempo real e a elaboração de estratégias de resposta a emergências. A integração dessas tecnologias permite uma abordagem mais holística e eficiente na gestão de desastres. Por exemplo, pesquisas indicam que a combinação de dados de radar meteorológico com modelos hidrológicos pode melhorar significativamente a previsão de enchentes, permitindo uma resposta mais rápida e eficaz (Smith, 2001).

A recente tragédia das enchentes no Rio Grande do Sul, ilustrada na Figura 3, destaca a necessidade crucial de um monitoramento eficaz do fluxo e nível de água nas nascentes e rios. Eventos de precipitação intensa, juntamente com a falta de monitoramento contínuo e de sistemas de alerta precoce, podem resultar em inundações devastadoras, como as que ocorreram no estado. O monitoramento constante das nascentes permite a coleta de dados essenciais para prever aumentos nos níveis de água, possibilitando ações preventivas e de mitigação de riscos. Portanto, a implementação de tecnologias de monitoramento pode salvar vidas, reduzir perdas materiais e preparar as comunidades para enfrentar eventos extremos com maior resiliência.



**Figura 3:** Estradas e pontes bloqueadas pela maior enchente do Rio Grande do Sul

**Fonte:** <https://www.poder360.com.br/brasil/leia-relatorio-oficial-do-rio-grande-do-sul-sobre-chuvas/>

A evolução do monitoramento hidrológico demonstra um avanço contínuo, passando dos métodos manuais para as tecnologias avançadas de sensoriamento remoto e análise de dados em tempo real (Cunha, L. G, 2010). No início, os sistemas de monitoramento eram baseados em observações visuais e registros manuais. No entanto, com o surgimento da era digital, o uso de sensores eletrônicos e sistemas de informação geográfica (SIG) tornou-se

essencial para a coleta e análise de dados hidrológicos (Ward & Robinson, 1990). Hoje, pesquisadores e profissionais da área utilizam diversas tecnologias para a monitorização e previsão de desastres hidrológicos, como satélites, drones e redes de sensores conectadas através da Internet das Coisas (IoT) (Buytaert et al., 2014).

### 2.3. COMPONENTES ELETRÔNICOS PARA MONITORAMENTO

A tecnologia é fundamental para o monitoramento dos recursos hidrológicos. Entre os dispositivos eletrônicos mais comuns, destacam-se o Arduino, sensores ultrassônicos, sensores de fluxo de água, sensores de umidade do solo e módulos Lora. O Arduino, ilustrado na Figura 4, é uma plataforma de prototipagem eletrônica de código aberto amplamente empregada devido à sua versatilidade e simplicidade de uso. Ele possibilita a integração de vários sensores e a programação personalizada para atender às demandas específicas do monitoramento (Banzi, 2011).



**Figura 4:** Placa Arduino Uno R3 Atmega328p

**Fonte:** <https://embarcados.com.br/arduino-primeiros-passos/>

Os sensores ultrassônicos são usados para medir a distância até a superfície da água, o que possibilita a detecção de variações no nível da água. Estes sensores operam emitindo pulsos ultrassônicos e calculando o tempo necessário para que esses pulsos retornem após refletirem na superfície da água. A precisão e a confiabilidade desses sensores os tornam ideais para o monitoramento de nascentes e outros corpos d'água. Estudos demonstram que esses sensores funcionam eficazmente em diferentes ambientes e fornecem dados precisos para a gestão de recursos hídricos. Por exemplo, pesquisas em áreas propensas a enchentes mostraram que os sensores ultrassônicos podem aprimorar significativamente a previsão e a resposta a eventos de alta precipitação (Bovensmann et al., 2009).

Sensores de fluxo de água são utilizados para medir a quantidade de água que passa por um ponto específico, uma informação crucial para a gestão de nascentes e cursos d'água. Eles operam com base em diferentes princípios, como a medição da velocidade e do volume, para oferecer dados exatos sobre o fluxo de água. A literatura aponta que o uso desses sensores tem aumentado a precisão dos dados hidrológicos, permitindo uma gestão mais eficiente dos recursos hídricos (Smith & Ward, 1998). Em estudos de caso, sensores de fluxo foram aplicados com sucesso para monitorar rios e canais de irrigação, ajudando a otimizar o uso da água e a evitar desperdícios (Buytaert et al., 2014).

Sensores de umidade do solo são essenciais para avaliar a quantidade de água presente no solo, ajudando na previsão de deslizamentos de terra e enxurradas. Esses sensores medem a condutividade elétrica do solo, que varia com o conteúdo de água. Amplamente utilizados em estudos de agricultura e gestão ambiental, eles mostram eficácia na coleta de dados

precisos sobre a umidade do solo. Por exemplo, em projetos de manejo sustentável da terra, sensores de umidade têm sido empregados para monitorar a saúde do solo e otimizar as práticas de irrigação (Smith, 2001).

A Figura 5 ilustra o módulo de LoRa, que é utilizado para comunicação de longa distância entre sensores e unidades de controle, sendo particularmente adequado para monitoramento em áreas remotas. Esse módulo emprega tecnologia de rádio de baixa potência e longa distância, possibilitando a transmissão de dados em tempo real, mesmo em locais com infraestrutura limitada. Ele melhora a capacidade de resposta a eventos hidrológicos ao permitir a transmissão contínua de dados. Em estudos ambientais, módulos de LoRa foram implementados com sucesso para formar redes de sensores que cobrem grandes áreas, oferecendo dados contínuos e em tempo real para a gestão de recursos naturais (Bovensmann et al., 2009).



**Figura 5:** Placa WiFi LoRa 32 - ESP32 / LoRa / Display OLED

**Fonte:** <https://curtocircuito.com.br/placa-wifi-lora-32-esp32-lora-display-oled.html>

Ao longo da história, o uso de tecnologia para o monitoramento hidrológico tem demonstrado um progresso contínuo, evoluindo dos métodos manuais para as tecnologias avançadas de hoje (ANA, 2015). A incorporação de componentes eletrônicos no monitoramento de nascentes marcou um avanço notável, possibilitando a coleta de dados precisos e em tempo real, o que é crucial para a gestão eficiente dos recursos hídricos. O avanço dessas tecnologias continua a criar novas oportunidades para o monitoramento ambiental e a administração sustentável dos recursos naturais (Buytaert et al., 2014).

## 2.4 TEORIA HIDROLÓGICA COM APLICADOS À TECNOLOGIA

No desenvolvimento de um sistema eficiente para monitorar o fluxo e o nível de água em nascentes, é crucial organizar e correlacionar os dados coletados com os desafios específicos da gestão hídrica. A literatura disponível oferece uma ampla gama de estudos e pesquisas que ajudam na compreensão e solução desses problemas (Feitosa, F. A. C., & Manoel, M. T, 2001). É essencial definir claramente os conceitos e terminologias utilizados no monitoramento para assegurar a precisão e a eficácia do sistema. Entre os principais contribuintes para essa área estão Smith & Ward (1998), que exploraram os fundamentos da hidrologia aplicada, e Ward & Robinson (1990), que focaram em métodos de monitoramento e análise hidrológica.

Os resultados obtidos dos dados e estudos devem ser sintetizados de forma a facilitar a compreensão e a aplicação prática das informações. Avaliar diversas abordagens e opiniões

na literatura existente proporciona uma visão mais abrangente e crítica do tema. A criação de uma bibliografia completa das fontes consultadas garante a integridade e a credibilidade do referencial teórico. Seguindo essas diretrizes, o referencial teórico proporcionará uma base sólida para o desenvolvimento de um sistema de monitoramento do fluxo e nível de água em nascentes, utilizando componentes eletrônicos para a coleta e análise de dados em tempo real, o que contribui significativamente para a prevenção e mitigação dos impactos de desastres hidrológicos (Banzi, 2011).

Além disso, é importante considerar a evolução histórica dos métodos de monitoramento e como as novas tecnologias têm sido integradas nas práticas de gestão hídrica. A transição dos métodos manuais para sistemas automatizados e digitais representa um avanço significativo, oferecendo maior precisão e capacidade de resposta. A literatura científica apresenta exemplos de sucesso e desafios na implementação dessas tecnologias, fornecendo lições valiosas para futuras iniciativas de monitoramento (Buytaert et al., 2014).

Na abordagem do desenvolvimento e aplicação de tecnologias no monitoramento de desastres hidrológicos, é crucial também considerar os aspectos econômicos, sociais e ambientais. A implementação de sistemas de monitoramento deve ser sustentável e acessível, levando em conta as limitações de recursos e a necessidade de capacitação.

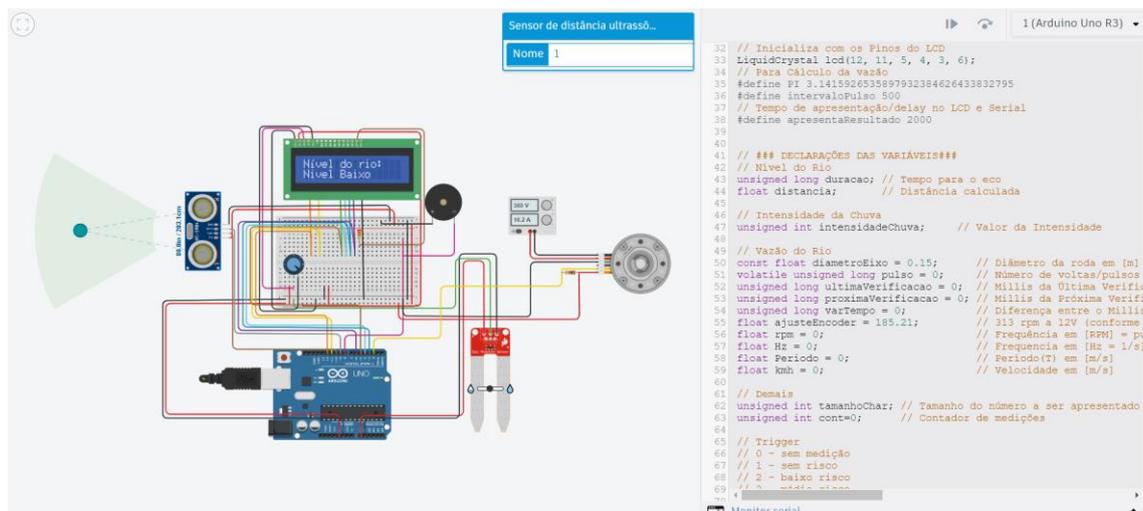
### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do projeto, serão utilizados materiais específicos e métodos detalhados para garantir a eficácia e precisão dos dados coletados. A base do sistema será uma placa microcontroladora Arduino Uno R3, que utiliza o microcontrolador ATmega328P, responsável por controlar e gerenciar todos os sensores e atuadores conectados. Um display LCD 16x2, composto por duas linhas de 16 caracteres cada, exibirá informações cruciais sobre os dados coletados pelos sensores, como o nível da água e a umidade do solo. Para ajustar o contraste do display LCD, será utilizado um potenciômetro, enquanto resistores serão empregados para proteger tanto o display quanto o motor contra correntes excessivas.

Para o alerta sonoro de níveis críticos de água ou falhas no sistema, será utilizado um piezo, dispositivo que emite som quando acionado. A medição de distâncias, crucial para a prevenção de enchentes ou secas, será realizada por um sensor ultrassônico de 4 pinos, que utiliza ondas ultrassônicas. Além disso, um sensor de umidade do solo medirá o nível de umidade, monitorando as condições ambientais nas nascentes. Um motor CC com codificador, contendo um sensor de efeito Hall integrado, será utilizado para simular as pás de uma turbina, gerando energia limpa para o sistema, com a proteção adicional de resistores contra correntes excessivas.

O fornecimento de energia para todos os componentes do circuito será assegurado por uma fonte de energia adequada. Para monitorar a vazão do rio, será utilizado um sensor de fluxo de água, que fornecerá dados essenciais sobre o fluxo na nascente. A comunicação de longa distância dos dados coletados será possibilitada pelo módulo de comunicação LoRa, um transceptor que utiliza a tecnologia LoRa, acompanhado por uma antena específica para facilitar essa comunicação em áreas remotas.

Os métodos empregados no projeto incluem a montagem inicial do circuito no Tinkercad, uma plataforma que permitirá a simulação eletrônica do circuito antes da montagem física, garantindo a validação do funcionamento dos componentes e da lógica do programa desenvolvido para o Arduino. A programação do Arduino será realizada em C/C++, como base na simulação virtual testada no sistema, como mostra a figura 6, utilizando a IDE do Arduino, e controlará a leitura dos sensores, a exibição dos dados no LCD, o acionamento do piezo e a comunicação com o módulo LoRa. Testes virtuais no Tinkercad serão conduzidos para assegurar a funcionalidade do sistema, permitindo ajustes no código e na configuração dos componentes conforme necessário.



**Figura 6:** Programação em funcionamento com o circuito do Protótipo Virtual

**Fonte:** Autoria própria (2024)

### 3.1. PROGRAMAÇÃO DO ARDUÍNO

O sistema desenvolvido utiliza um microcontrolador Arduino para monitorar e analisar condições ambientais específicas, como o nível de água em um rio, a intensidade da chuva e a vazão da água. Este sistema tem como objetivo fornecer uma avaliação do risco de alagamento, baseando-se em leituras obtidas de diversos sensores. A seguir, descreve-se a implementação e o funcionamento do código associado a este sistema.

O sistema é composto por vários componentes, incluindo um display LCD para visualização dos dados, sensores para coleta de informações ambientais, e um buzzer para alertas. As principais conexões são as seguintes:

- **LCD:** Utilizado para a exibição das medições, conectado aos pinos digitais 12, 11, 5, 4, 3 e 6 do Arduino.
- **Sensor de Chuva:** Conectado aos pinos analógicos A0 e A1, responsável pela medição da intensidade da precipitação.
- **Sensor de Efeito Hall:** Utilizado para medir a vazão da água, conectado ao pino digital 2.
- **Sensor Ultrassônico HC-SR04:** Empregado para medir a distância, indicando o nível do rio, conectado aos pinos digitais 9 (Echo) e 10 (Trigger).
- **Buzzer:** Conectado ao pino digital 8, serve para emitir alertas em situações de risco.

A configuração inicial do código define as conexões dos sensores e do display LCD, além das constantes e variáveis utilizadas nas medições. A seguir, são apresentadas as principais definições:

```
#define waterPinVcc A0
#define waterPinSignal A1
#define hallPin 2
#define buzzerPin 8
#define echoPin 9
#define triggerPin 10
```

```
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 6);
```

```
#define PI 3.1415926535897932384626433832795
```

```
#define intervaloPulso 500
```

```
#define apresentaResultado 2000
```

A função setup() é responsável pela inicialização do sistema, incluindo a configuração dos pinos e a inicialização do display LCD:

```
void setup()  
{  
  Serial.flush();  
  Serial.begin(9600);  
  
  pinMode(waterPinVcc, OUTPUT);  
  pinMode(waterPinSignal, INPUT);  
  pinMode(buzzerPin, OUTPUT);  
  pinMode(echoPin, INPUT);  
  pinMode(triggerPin, OUTPUT);  
  pinMode(hallPin, INPUT);  
  
  attachInterrupt(0, contaPulso, FALLING);  
  
  lcd.begin(16, 2);  
  lcd.print("BEM VINDO!!!");  
  lcd.setCursor(0, 1);  
  lcd.print("INICIANDO...");  
  delay(1500);  
  lcd.clear();  
}
```

A função loop() executa repetidamente as medições e atualiza o display LCD com as informações coletadas. O fluxo de execução inclui:

Medição do Nível do Rio:

- O sensor ultrassônico é utilizado para medir a distância, que é convertida em nível de água. O nível é então classificado em categorias como Inundação, Nível Alto, entre outros.

Medição da Intensidade da Chuva:

- O sensor de chuva avalia a intensidade da precipitação. A leitura é interpretada para classificar a intensidade como Sem Chuva, Chuvisco, etc.

Medição da Vazão do Rio:

- A frequência de pulsos gerada pelo sensor de efeito Hall é utilizada para calcular a vazão da água, que é classificada em categorias apropriadas.

Avaliação do Risco de Alagamento:

- Baseado nas medições obtidas, o risco de alagamento é avaliado e, se necessário, o buzzer é ativado para alertar sobre condições de risco.

Assim, é transcrevido para a programação, como exemplo:

```
void loop()
{
  Serial.println("=====");
  Serial.print("Medicao #");
  Serial.print(cont++);
  Serial.println(":");

  Tipo medicaoNivelRio = NivelRio();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Nivel do rio:");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(medicaoNivelRio.Descritivo);
  delay(apresentaResultado);
  lcd.clear();
}
```

O código utiliza estruturas (structs) para categorizar e armazenar os resultados das medições, facilitando a análise dos dados. A função NivelRio(), por exemplo, mede a distância com o sensor ultrassônico e classifica o nível da água em categorias específicas, conforme apresentado a seguir:

```
struct Tipo NivelRio()
{
  Tipo T;
  digitalWrite(triggerPin, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(triggerPin, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(triggerPin, LOW);

  duracao = pulseIn(echoPin, HIGH);
  distancia = duracao * 0.03549 / 2;

  T.Valor = distancia;
```

```
switch(int(T.Valor))
{
  case 0 ... 10:
    T.Descritivo = "Inundacao";
    T.Grau = 5;
    break;
  case 11 ... 50:
    T.Descritivo = "Nivel Alto";
    T.Grau = 4;
    break;
  case 51 ... 100:
    T.Descritivo = "Nivel Medio";
    T.Grau = 3;
    break;
  case 101 ... 150:
    T.Descritivo = "Nivel Baixo";
    T.Grau = 2;
    break;
  case 151 ... 250:
    T.Descritivo = "Nivel Mto Baixo";
    T.Grau = 1;
    break;
  default:
    T.Descritivo = "Nao Medido";
    T.Grau = 0;
    break;
}
```

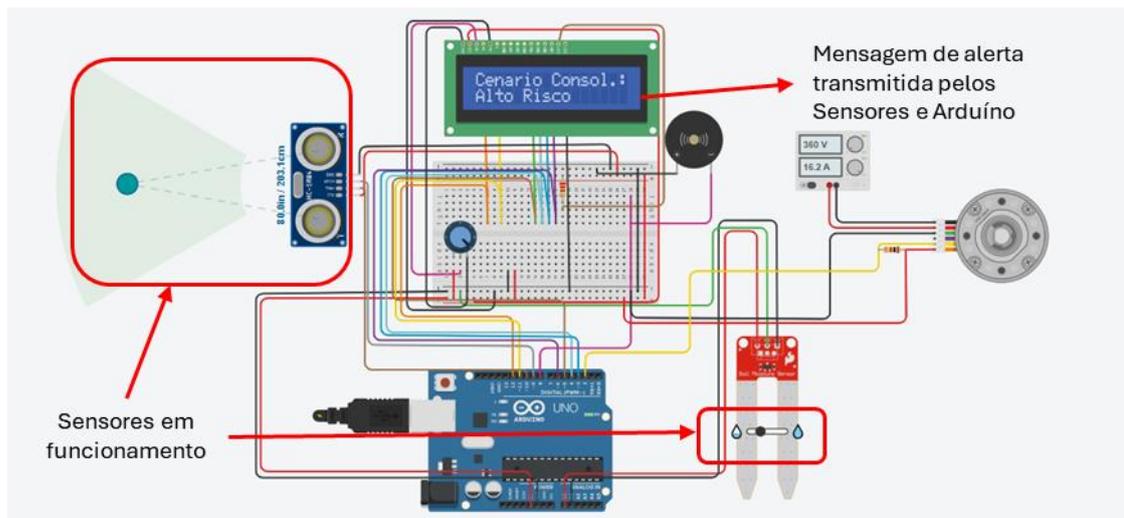
Após a validação virtual, o sistema será montado fisicamente e instalado nas nascentes próximas à região. Nesta fase, serão coletados dados reais sobre o nível da água, a umidade do solo e o fluxo do rio para análise. A combinação desses materiais e métodos visa criar um sistema eficiente de monitoramento do fluxo e nível de água em nascentes, contribuindo para uma gestão mais eficaz e sustentável dos recursos hídricos.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

Os resultados parciais do projeto foram obtidos através da simulação do sistema proposto utilizando o software Tinkercad, conforme ilustrado na Figura 6. Este software possibilitou a construção virtual do circuito, permitindo a simulação detalhada do monitoramento do fluxo e nível de água, com a integração de todos os componentes previamente descritos. A simulação demonstrou a viabilidade do sistema de monitoramento,

utilizando um motor CC para fornecer energia ao circuito, o que confirmou o funcionamento básico do sistema proposto.

Na Figura 7, é apresentada a configuração do protótipo virtual em operação. Nesta fase, os sensores de nível de água e ultrassônicos foram conectados ao Arduino, que gerencia a programação e coordena a operação dos sensores. O Arduino também se comunica com o display LCD, responsável pela exibição de mensagens de alerta, e aciona o piezo para emitir sinais sonoros quando são detectadas alterações significativas no nível e fluxo de água. Este mecanismo de alerta é crucial para a prevenção de eventos como cabeças d'água, fornecendo avisos oportunos para as populações locais.



**Figura 7:** Protótipo Virtual em Funcionamento

**Fonte:** Autoria própria (2024)

Durante a simulação, foram realizados diversos testes e ajustes para garantir a precisão e a confiabilidade do sistema. A eficácia do projeto foi confirmada, demonstrando que o circuito opera conforme o esperado e cumpre seu objetivo principal de monitorar e alertar sobre variações críticas no fluxo e nível de água. Esses testes asseguraram que o sistema possa detectar mudanças importantes e gerar alertas de forma eficiente, evidenciando a capacidade do protótipo de atender às necessidades de monitoramento em tempo real.

Em conclusão, os resultados da simulação virtual validaram o funcionamento do sistema, mostrando que ele é capaz de operar de acordo com as especificações estabelecidas. Esta etapa foi fundamental para confirmar a viabilidade do projeto antes de sua implementação física, garantindo que os componentes interagem de forma adequada e que o sistema está preparado para a próxima fase do desenvolvimento.

## 5. CONCLUSÕES

Este estudo teve como objetivo o desenvolvimento de um sistema de monitoramento para nascentes, visando a prevenção de desastres naturais como cabeças d'água. Utilizando tecnologias acessíveis e amplamente disponíveis, como a plataforma Arduino, sensores ultrassônicos, sensores de umidade do solo e sensores de fluxo de água, foi possível criar um protótipo integrado capaz de realizar a coleta e análise contínua dos dados relacionados ao nível e fluxo de água.

A simulação virtual realizada na plataforma Tinkercad demonstrou a viabilidade do projeto, permitindo a validação dos materiais e métodos propostos. Os testes realizados confirmaram a eficácia do sistema em detectar variações no nível e fluxo de água, ativando alarmes sonoros

em situações de risco iminente. Esses resultados validaram a abordagem teórica e prática do projeto, preparando-o para a futura implementação física nas nascentes.

A implementação do sistema em nascentes reais proporcionará um avanço significativo na segurança das populações locais, oferecendo uma ferramenta eficaz para o monitoramento e alerta precoce de riscos relacionados a desastres naturais. O uso de tecnologias de comunicação de longa distância, como o módulo LoRa, permitirá a transmissão eficiente de dados mesmo em áreas remotas, ampliando a aplicabilidade e a eficácia do sistema.

Em suma, este projeto aborda um problema crucial na prevenção de desastres naturais, fornecendo dados e metodologias que têm o potencial de garantir a segurança e a conservação das nascentes. Esses esforços são essenciais para a manutenção do ciclo hidrológico e da vida em diversas escalas, contribuindo de maneira significativa para a segurança pública e para a formulação de políticas eficazes de prevenção de desastres naturais.

## 6. REFERÊNCIAS

**ANA.** Agência Nacional de Águas (ANA). Tecnologias para o Monitoramento Hidrológico: Avanços e Aplicações. Brasília, 2015.

**A VOZ DA CIDADE.** Cabeça d'água surpreende banhistas e deixa um morto e vários desaparecidos em Itatiaia. Disponível em: <https://avozdadacidade.com/wp/cabeça-dagua-surpreende-banhistas-e-deixa-um-morto-e-varios-desaparecidos-em-itatiaia/#:~:Num%20trecho%20mais%20abaixo%20do,alterou%20as%20caracter%20C3%ADsticas%20do%20rio>. Acesso em: 7 de maio de 2024.

**BANZI, M.** Getting Started with Arduino. Sebastopol: O'Reilly Media, 2011. 130 p.

**BOVENSMANN, H.; BURROWS, J. P.; BUCHWITZ, M.; FRERICK, J.; NOËL, S.; ROZANOV, V. V.; CHANCE, K. V.; GOEDE, A. H.** SCIAMACHY: Mission Objectives and Measurement Modes. Atmospheric Chemistry and Physics, v. 9, n. 2, p. 18-24, 2009.

**BRASIL.** Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Secretaria de Proteção e Defesa Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil. Atlas Digital de Desastres no Brasil. Brasília: MIDR, 2023. Disponível em: <https://www.mdr.gov.br>. Acesso em: 23 de maio de 2024.

**BUYTAERT, W.; ZULKAFI, Z.; GRAINGER, S.; ACOSTA, L.; BIDWELL, V.; DEWULF, A.** Citizen Science in Hydrology and Water Resources: Opportunities for Knowledge Generation, Ecosystem Service Management, and Sustainable Development. Environmental Science & Policy, v. 54, p. 6-20, 2014.

**CUNHA, L. G.** Sensoriamento Remoto e Hidrologia. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 178 p.

**CURTOCIRCUITO.** Placa WiFi LoRa 32 (ESP32 LoRa) com Display OLED. Disponível em: <https://curtocircuito.com.br/placa-wifi-lora-32-esp32-lora-display-oled.html>. Acesso em: 5 de agosto de 2024.

**EMBARCADOS.** Arduino: primeiros passos. Disponível em: <https://embarcados.com.br/arduino-primeiros-passos/>. Acesso em: 5 de agosto de 2024.

**FEITOSA, F. A. C.; MANOEL, M. T.** Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. São Paulo: CPRM, 2001. 835 p.

**MARQUES, D. M. L. M.; LOUREIRO, S. R.** Hidrologia Aplicada. São Paulo: Prentice Hall, 2001. 18 p.

**PODER360.** Relatório oficial do Rio Grande do Sul sobre chuvas. Disponível em: <https://www.poder360.com.br/brasil/leia-relatorio-oficial-do-rio-grande-do-sul-sobre-chuvas/>. Acesso em: 5 de agosto de 2024.

**SILVA, A. M.** Gestão de Recursos Hídricos. São Paulo: Editora Manole, 2010. 247 p.

**SMITH, K.; WARD, R.** Floods: Physical Processes and Human Impacts. New York: Wiley, 1998. 955 p.

**TINKERCAD.** Disponível em: <https://www.tinkercad.com/>. Acesso em: 5 de agosto de 2024.

**TUCCI, C. E. M.** Hidrologia: Ciência e Aplicação. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2007. 938 p.

**WARD, R. C.; ROBINSON, M.** Principles of Hydrology. 4ª ed. New York: McGraw-Hill, 1990. 402 p.