

**INSTITUTO  
FEDERAL**

Paraíba

---

Campus  
Campina Grande

**Instituto Federal de Educação da Paraíba (IFPB)**

**Campus Campina Grande**

**Curso de Engenharia da Computação**

**Turma: 2025.2**

**Componente curricular: Técnicas de Prototipagem**

**Docente: Moacy Pereira da Silva**

## **AQUAFLOW – SISTEMA INTELIGENTE DE CONSUMO DE ÁGUA**

### **Discentes:**

Andreza Costa dos Santos

Geovana Stefani Lopes Bezerra

Nivaldo Pereira da Silva Neto

Vinícius Cavalcante Barbosa

**Campina Grande - PB**

**2025**

# 1. Descrição Geral, Objetivos e Justificativa

## 1.1 Descrição Geral

O **AquaFlow** é um sistema inteligente de monitoramento e previsão de consumo de água desenvolvido com foco em sustentabilidade e uso racional dos recursos hídricos. A proposta consiste na criação de um **protótipo funcional** capaz de medir, em tempo real, a **vazão de água em diferentes pontos de uma instalação hidráulica**, registrando o volume consumido e comparando-o com a quantidade total de entrada de água.

Essa abordagem permite identificar **desperdícios, vazamentos e irregularidades** com maior precisão, fornecendo ao usuário informações quantitativas que auxiliam na **tomada de decisões conscientes** sobre o uso da água. O sistema integra também um **módulo de análise preditiva**, baseado em técnicas de **aprendizado de máquina**, que realiza estimativas de consumo futuro a partir de padrões históricos de utilização.

A incorporação de soluções inteligentes em sistemas residenciais acompanha a evolução das **casas inteligentes** e das **cidades inteligentes**, onde o monitoramento e a automação contribuem para uma gestão mais eficiente dos recursos. Nesse contexto, o **AquaFlow** busca atuar como uma ferramenta de apoio à **gestão hídrica doméstica**, promovendo maior eficiência, economia e sustentabilidade no ambiente urbano.

---

## 1.2 Justificativa

O desperdício de água representa um dos principais desafios ambientais e econômicos contemporâneos. Estima-se que grande parte das perdas decorre de **vazamentos não detectados** e do **consumo descontrolado** em ambientes residenciais e comerciais. A ausência de mecanismos de medição detalhada e de análise preventiva dificulta o controle do consumo e a identificação de anomalias.

O **AquaFlow** propõe-se a preencher essa lacuna por meio de um sistema de **monitoramento inteligente**, de baixo custo e fácil implementação, capaz de registrar dados em tempo real e fornecer indicadores úteis à gestão eficiente da água. Além de contribuir para a **redução do desperdício**, o projeto busca fomentar uma **cultura de uso consciente**, aproximando tecnologia, sustentabilidade e comportamento social responsável.

---

## 1.3 Impacto e Visão de Futuro

O conceito do **AquaFlow** está alinhado às diretrizes de **cidades inteligentes**, nas quais o uso de dados, sensores e sistemas automatizados permite aprimorar a **infraestrutura urbana** e promover a **sustentabilidade dos recursos naturais**. O controle inteligente de água, nesse contexto, deixa de ser um diferencial e passa a ser uma **necessidade estratégica** para o planejamento urbano sustentável.

O sistema proposto tem potencial para ser aplicado em **residências, condomínios e pequenas empresas**, oferecendo suporte técnico à detecção de vazamentos, previsão de consumo e identificação de irregularidades. Em médio e longo prazo, soluções como o AquaFlow podem integrar **plataformas maiores de gestão ambiental urbana**, contribuindo para a consolidação de **redes inteligentes de monitoramento hídrico**.

Assim, o **AquaFlow** representa a convergência entre **engenharia, ciência de dados e sustentabilidade**, evidenciando o papel da tecnologia na promoção de práticas mais eficientes e responsáveis de uso da água em contextos domésticos e urbanos.

---

#### **1.4 Objetivo Geral**

Desenvolver um **protótipo funcional de sistema inteligente de monitoramento e previsão de consumo de água**, utilizando sensores de vazão e uma placa ESP32, com interface de visualização e análise preditiva de consumo.

---

#### **1.5 Objetivos Específicos**

- Implementar a **leitura de sensores de vazão** instalados em diferentes ramais de um sistema hidráulico.
- Criar uma **interface de monitoramento em tempo real** (via serial, display ou dashboard básico).
- Registrar e **analisar o volume de água consumido** em cada ponto.
- Comparar a **entrada total de água** com o volume final consumido, detectando possíveis perdas.
- Desenvolver um **modelo preditivo simples** para estimar o consumo futuro com base em dados históricos.

## 2. Requisitos Funcionais e Não Funcionais

### 2.1 Requisitos Funcionais (Implementados)

Será descrito **o que o sistema deve fazer**, ou seja, suas **funções e comportamentos essenciais**. Nesta seção, são apresentados os recursos obrigatórios do AquaFlow, como medição da vazão de água, registro de consumo, exibição dos dados e geração de alertas de uso excessivo ou vazamento. Esses requisitos garantem que o sistema atenda plenamente aos objetivos propostos e cumpra suas funções de monitoramento e análise.

Requisitos Funcionais			
Código	Requisito Funcional	Descrição	Situação
RF01	<b>Leitura de sensores de vazão</b>	O sistema deve realizar a leitura contínua dos sensores instalados nos diferentes ramais e na entrada principal, obtendo a vazão instantânea de cada ponto.	Implementado.
RF02	<b>Cálculo de volume consumido</b>	O sistema deve converter a vazão medida em volume acumulado (litros) e registrar o consumo individual e total.	Implementado.
RF03	<b>Comparação entre entrada e saída de água</b>	O sistema deve comparar o volume de entrada com o volume total consumido, identificando diferenças que possam indicar vazamentos ou perdas.	Implementado.
RF04	<b>Registro de dados em tempo real</b>	O sistema deve armazenar as leituras de vazão e volume em intervalos regulares, permitindo análise temporal do consumo.	Implementado.
RF05	<b>Exibição das informações coletadas</b>	O sistema deve disponibilizar as informações de consumo por meio de	Implementado via porta serial. USB conectado ao notebook.

		um display local ou dashboard conectado via serial.	
RF06	<b>Geração de alertas de anomalia</b>	O sistema deve emitir alertas visuais ou textuais quando for detectada uma discrepância significativa entre entrada e consumo (possível vazamento).	Implementado.
RF07	<b>Análise preditiva de consumo</b>	O sistema deve executar um modelo preditivo simples (como regressão linear ou média móvel) para estimar o consumo futuro com base nos dados coletados.	Implementado.
RF08	<b>Geração de recomendações</b>	O sistema deve fornecer mensagens básicas de recomendação sobre uso racional da água, com base no histórico de consumo.	Não implementado. Devido a limitação de tempo, não foi possível implementar.
RF09	<b>Reset e reinicialização de dados</b>	O sistema deve permitir a reinicialização dos dados armazenados para novos ciclos de medição.	Implementado.

## 2.2 Requisitos Não Funcionais (Critérios de Qualidade)

Define-se nessa seção **como o sistema deve operar**, abrangendo características de desempenho, confiabilidade, usabilidade e eficiência energética. Nesta seção, são descritos aspectos como tempo de resposta do sistema, precisão das medições, facilidade de uso da interface e baixo consumo de energia. Esses requisitos asseguram a **qualidade técnica e a experiência do usuário**, garantindo que o protótipo seja funcional, estável e adequado ao contexto de uso em residências e ambientes inteligentes.

<b>Requisitos Não Funcionais</b>			
<b>Código</b>	<b>Requisito Não Funcional</b>	<b>Descrição</b>	<b>Situação</b>

RNF01	<b>Precisão das medições</b>	O sistema deve garantir precisão <b>mínima</b> de $\pm 5\%$ nas leituras de vazão e volume, considerando as limitações dos sensores utilizados.	Não pode ser implementado, devido a limitação de tempo para refinamento de código.
RNF02	<b>Tempo de resposta</b>	O sistema deve atualizar as medições em intervalos inferiores a 2 segundos, assegurando leitura quase em tempo real.	Implementado. Verificar vídeo demonstrativo.
RNF03	<b>Confiabilidade operacional</b>	O sistema deve operar continuamente por pelo menos 24 horas sem falhas críticas ou perda de dados.	Não pode ser implementado, devido a limitação de tempo para experimentação e refinamento do protótipo.
RNF04	<b>Usabilidade</b>	A interface deve apresentar informações de forma clara e legível, permitindo fácil interpretação por usuários não técnicos.	Implementado. Verificar sessão com a interface do dashboard.
RNF05	<b>Eficiência energética</b>	O consumo elétrico total do sistema deve ser compatível com o uso contínuo em ambiente doméstico ( $<5\text{ W}$ ).	Implementado.
RNF06	<b>Modularidade</b>	O sistema deve permitir a substituição ou adição de sensores sem necessidade de grandes alterações no código principal.	Implementado.
RNF07	<b>Manutenibilidad e</b>	O código-fonte deve ser documentado e organizado para permitir futuras modificações e expansão das funcionalidades.	Implementado.

RNF08	<b>Escalabilidade experimental</b>	O sistema deve possibilitar, em versões futuras, a ampliação para múltiplos pontos de medição sem comprometer o desempenho geral.	Implementado. Porém serão necessárias algumas modificações na estrutura física e software para a adição de mais sensores.
-------	------------------------------------	---	---

### **3. Escopo do Projeto**

#### **3.1 Escopo Positivo (Funcionalidades Implementadas)**

Delimita o que será efetivamente desenvolvido e entregue durante o projeto. Especifica as funcionalidades, componentes e resultados que fazem parte da prova de conceito. No escopo positivo desse projeto se encontram:

- Montagem física de um protótipo com sensores de vazão e controle por ESP32.
  - Medição em tempo real de consumo de água.
  - Registro e comparação entre entrada e saída do sistema.
  - Geração de alertas básicos em caso de discrepância nos dados.
  - Implementação de um modelo preditivo inicial com machine learning.
  - Interface de exibição dos dados (display ou dashboard).
- 

#### **3.2 Escopo Negativo (Funcionalidades Excluídas)**

Definição claramente o que não será abordado nesta fase, evitando interpretações equivocadas e assegurando que o foco permaneça nas funcionalidades essenciais e viáveis para o protótipo. Escopo negativo:

- Desenvolvimento de aplicativo mobile dedicado: a interface será limitada a monitoramento local ou via serial, sem aplicativo próprio para smartphones.
  - Integração com sistemas de concessionárias de água: não haverá comunicação direta com sistemas externos de fornecimento ou faturamento de água.
  - Previsão de consumo de longo prazo ou análise de grandes volumes de dados históricos: a análise preditiva será restrita a dados coletados no curto período de testes do protótipo.
  - Automação de válvulas ou controle automático do fluxo de água: o protótipo não atuará na modificação física do sistema hidráulico.
  - Integração com assistentes virtuais ou plataformas de nuvem IoT: a conectividade será local, sem envio de dados para serviços externos ou sistemas de automação residencial.
  - Escalabilidade completa para múltiplas residências: o protótipo é restrito a uma instalação hidráulica de teste, sem implementação em larga escala.
- 

#### **3.2 Pendências, limitações e riscos técnicos**

O protótipo atual apresenta restrições que delimitam sua operação ao ambiente de teste:

- **Interface de Monitoramento:** A exibição das informações coletadas é limitada à porta serial USB conectada a um notebook, não havendo, nesta versão, um aplicativo móvel dedicado ou integração com nuvem (IoT).
- **Análise Preditiva Restrita:** O modelo de aprendizado de máquina foi treinado e testado apenas com dados coletados no curto período de testes do protótipo, o que limita a precisão de previsões de longo prazo.
- **Escopo de Atuação:** O sistema é estritamente de monitoramento. Ele não possui capacidade de intervenção física, como a automação de válvulas para fechamento remoto do fluxo de água em caso de vazamento.
- **Conectividade Local:** Não há envio de dados para serviços externos, assistentes virtuais ou sistemas de faturamento de concessionárias de água.
- **Escalabilidade Experimental:** O protótipo foi projetado para uma instalação hidráulica de teste específica, exigindo modificações estruturais significativas em hardware e software para ser expandido para múltiplas residências ou mais pontos de medição.
- **Funcionalidades Não Implementadas:** Devido a limitações de tempo, a geração de recomendações automáticas sobre o uso racional da água (RF08) não foi incluída na versão final.

## Riscos Técnicos Enfrentados

O desenvolvimento do AquaFlow envolveu desafios técnicos críticos que impactaram a precisão e a confiabilidade do sistema:

- **Precisão das Medições (RNF01):** Houve dificuldade em garantir a precisão mínima de  $\pm 5\%$  nas leituras. Isso se deve às limitações inerentes aos sensores de vazão utilizados e à falta de tempo para um refinamento mais profundo do código de calibração.
- **Confiabilidade Operacional (RNF03):** O sistema não pôde ser validado para operação contínua superior a 24 horas sem falhas, devido ao tempo limitado para experimentação e testes de estresse no protótipo.
- **Instalação Hidráulica:** Riscos de vazamentos físicos nas conexões entre os sensores e as mangueiras/tubulações, o que poderia comprometer os componentes eletrônicos se não estivessem devidamente isolados.

## 4. Arquitetura de Hardware e Software

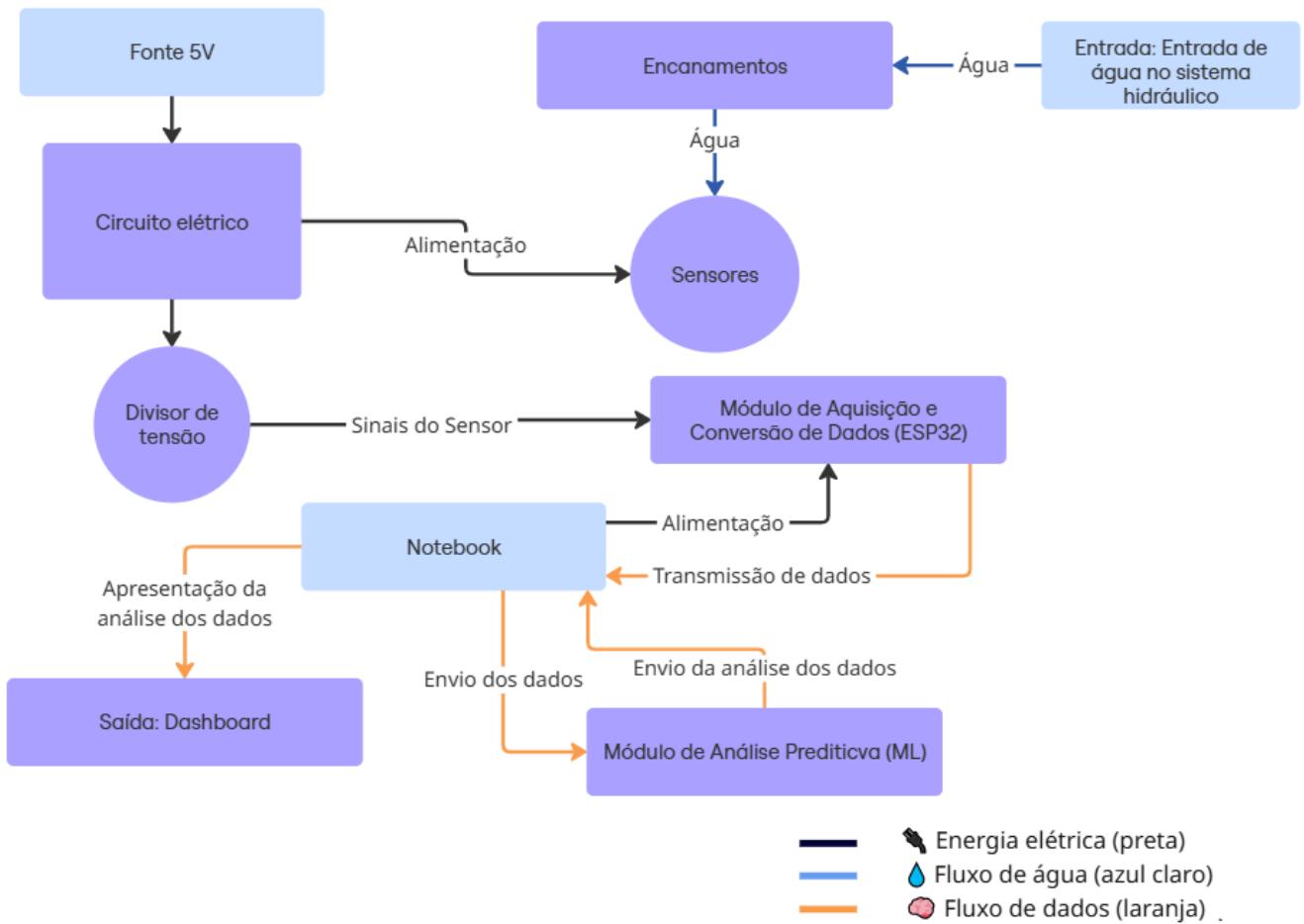
### 4.1 Diagrama de Blocos

Representa graficamente os principais módulos do sistema (entrada, processamento e saída de dados), facilitando a compreensão da estrutura e do funcionamento geral do AquaFlow. O sistema pode ser representado pelos seguintes módulos principais:

Entrada de Dados → Processamento → Análise → Saída de Informações

1. **Entrada de água** → entrada de água no sistema hidráulico
2. **Sensores de Vazão** → Captam a vazão de água em tempo real
3. **ESP32** → Processa, soma volumes e compara dados
4. **Módulo Preditivo (ML)** → Analisa histórico e gera previsões
5. **Interface de Exibição** → Mostra consumo e alertas
6. **Fonte de Alimentação** → Mantém o sistema energizado

(Diagrama de Blocos - Funcionamento geral do sistema)



#### 4.2 Diagrama de Atividades e Estados (Checklist 2e - Lógica Implementada)

Aqui será demonstrado o comportamento dinâmico do sistema, ilustrando os estados operacionais: como inicialização, leitura, análise e alerta e as transições entre eles. Representa o comportamento do sistema de monitoramento:

##### Diagrama de Atividades - Estados principais:

1. **Inicialização** – Configuração dos sensores e comunicação
2. **Leitura Contínua** – Coleta de dados em tempo real
3. **Processamento** – Cálculo de volume e comparação entre entradas e saídas
4. **Análise Preditiva** – Geração de estimativas futuras de consumo
5. **Alerta / Notificação** – Emissão de aviso de vazamento ou anomalia
6. **Encerramento / Reset** – Finalização da medição e gravação dos dados

## Descrição dos Estados do Sistema no Diagrama de Atividades - UML

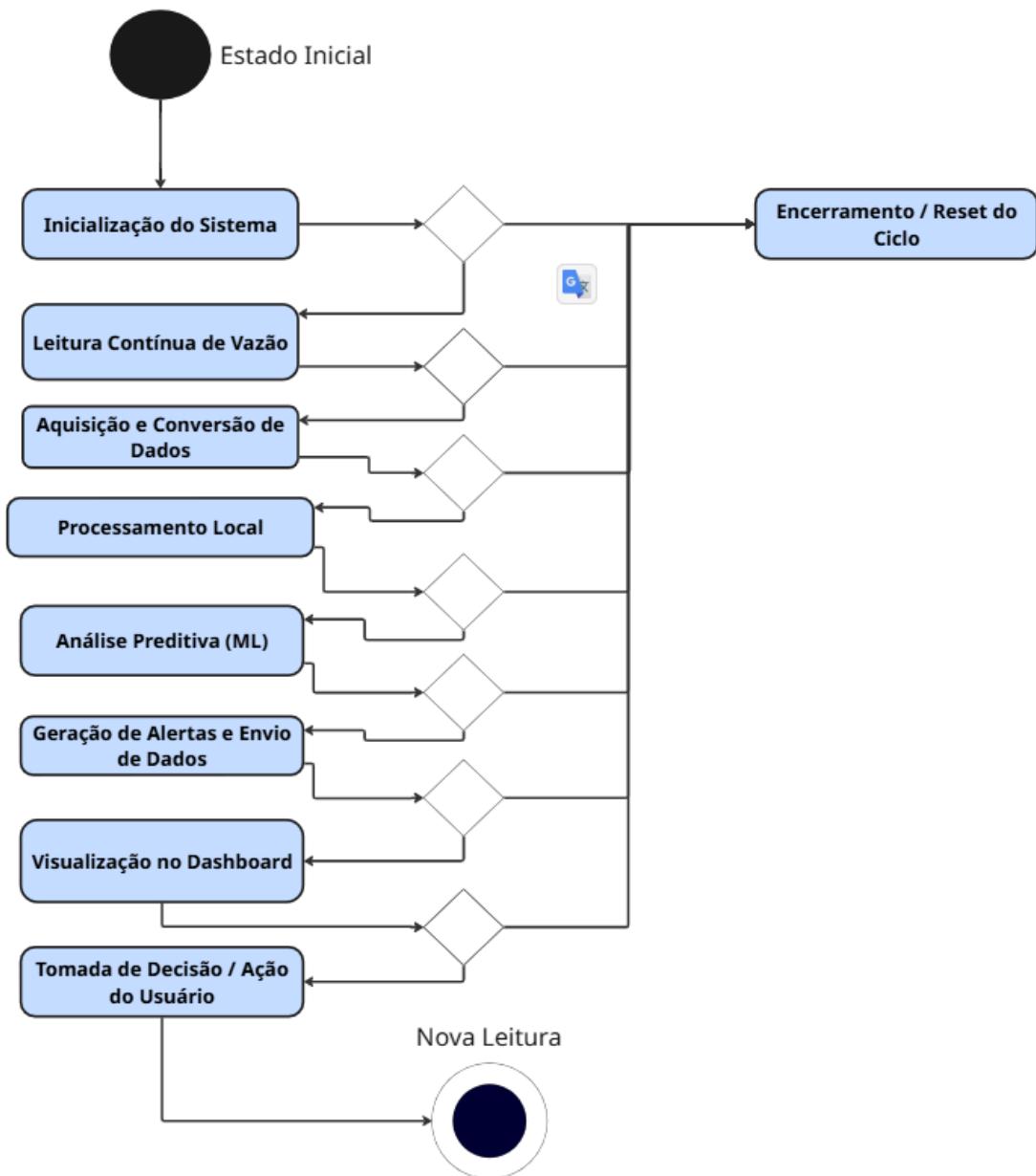


Tabela de descrição do Diagrama de Atividades

Estado UML	Descrição Detalhada
Inicialização do Sistema	O sistema é energizado (Fonte 5V → circuito elétrico). O ESP32 configura portas, sensores e comunicação serial. É o ponto de partida de todo o ciclo de medição.

<b>Leitura Contínua de Vazão</b>	Os sensores de vazão captam a passagem da água nos encanamentos e geram pulsos elétricos proporcionais ao fluxo.
<b>Aquisição e Conversão de Dados</b>	O módulo ESP32 converte os sinais recebidos dos sensores (via divisor de tensão) em dados digitais interpretáveis.
<b>Processamento Local</b>	O ESP32 soma o volume de água medido, compara entrada e saída do sistema e detecta diferenças anômalas (indicando possíveis vazamentos).
<b>Análise Preditiva (ML)</b>	Os dados são enviados para o módulo de análise (em um notebook ou microcontrolador adicional), onde um algoritmo simples de <i>machine learning</i> prevê o consumo futuro e detecta padrões.
<b>Geração de Alertas e Envio de Dados</b>	Caso sejam detectadas anomalias (ex: consumo excessivo), o sistema envia alertas ao dashboard e atualiza as previsões.
<b>Visualização no Dashboard</b>	Os resultados são exibidos em uma interface visual (display LCD ou dashboard no notebook), permitindo ao usuário acompanhar consumo e previsões.
<b>Tomada de Decisão / Ação do Usuário</b>	O usuário interpreta as informações e decide suas ações — por exemplo, fechar uma torneira, consertar vazamentos ou ajustar o consumo.
<b>Encerramento / Reset do Ciclo</b>	O sistema pode ser desligado manualmente ou reiniciar automaticamente o processo de leitura (loop contínuo de monitoramento).

---

#### 4.3 Relação entre o Diagrama de Blocos e o Diagrama de Atividades:

Elemento do Diagrama de Blocos	Função / Papel no Ciclo de Estados
<b>Fonte 5V / Circuito elétrico / Divisor de tensão</b>	Atuam na <b>Inicialização do Sistema</b> , fornecendo energia e adaptando o sinal dos sensores.
<b>Sensores de Vazão</b>	Entram em ação no estado <b>Leitura Contínua</b> , convertendo vazão física em pulsos elétricos.

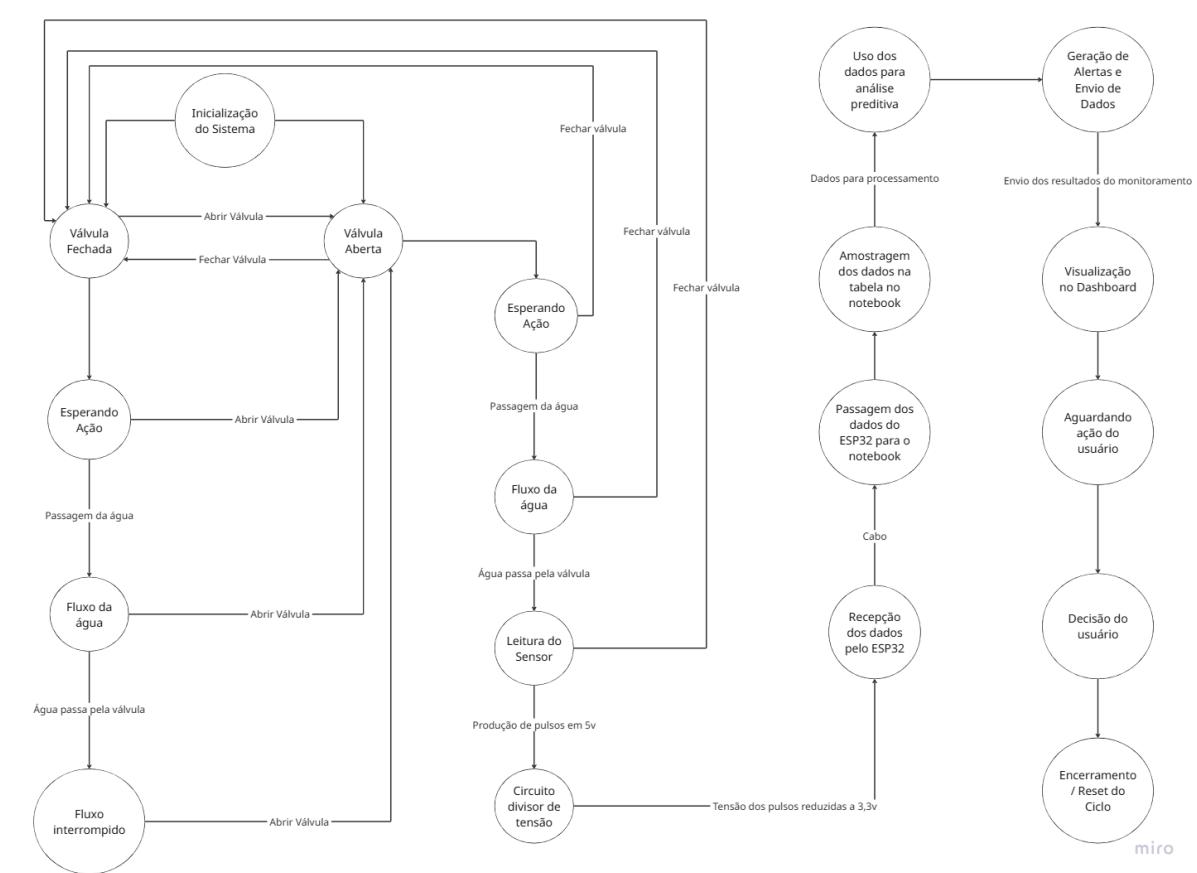
<b>Módulo de Aquisição e Conversão (ESP32)</b>	Responsável pelos estados <b>Aquisição</b> , <b>Conversão de Dados</b> e <b>Processamento Local</b> .
<b>Módulo de Análise Preditiva (ML)</b>	Atua no estado <b>Análise Preditiva</b> , aplicando algoritmos para gerar previsões.
<b>Notebook e Dashboard</b>	Representam o estado <b>Visualização / Saída</b> , exibindo resultados e gráficos.
<b>Usuário</b>	Surge no estado <b>Tomada de Decisão</b> , interagindo com o sistema e ajustando hábitos de consumo.

---

#### 4.4 Interpretação no Contexto do AquaFlow

O **AquaFlow** é um sistema *reativo e cíclico*: ele nunca “para”, apenas reinicia seu ciclo de leitura e análise. Isso significa que após o estado final, ele retorna ao estado de **Leitura Contínua**, mantendo o monitoramento ativo — um comportamento típico de sistemas inteligentes embarcados.

## Descrição dos Estados do Sistema no Diagrama de Estados



### Descrição dos Estados do Sistema

Estado	Transição	Destino	Descrição detalhada
<b>Inicialização do Sistema</b>	Vazia	Válvula Fechada	O ponto de partida, onde o sistema é ligado e configurado.
<b>Inicialização do Sistema</b>	Vazia	Válvula Aberta	O ponto de partida, onde o sistema é ligado e configurado.
<b>Válvula Fechada</b>	Abrir Válvula	Válvula Aberta	Fluxo de água bloqueado. Transiciona para a abertura

			da válvula mediante comando.
<b>Válvula Fechada</b>	Vazia	Esperando Ação	Fluxo de água bloqueado. Aguardando uma ação ou condição para prosseguir.
<b>Válvula Aberta</b>	Fechar Válvula	Válvula Fechada	Fluxo de água permitido. Transiciona para o fechamento da válvula mediante comando.
<b>Válvula Aberta</b>	Passagem da água	Fluxo da água	Fluxo de água permitido. A detecção da passagem da água inicia o estado de fluxo.
<b>Válvula Aberta</b>	Vazia	Esperando Ação	Fluxo de água permitido. Aguardando uma ação ou condição para prosseguir.
<b>Esperando Ação</b>	Fechar Válvula	Válvula Fechada	Aguardando uma condição ou ação. Uma ação de "Fechar Válvula" interrompe o fluxo.
<b>Esperando Ação</b>	Passagem da água	Fluxo da água	Aguardando uma condição ou ação. A detecção de "Passagem da água" inicia o fluxo.
<b>Fluxo da água</b>	Água passa pela válvula	Leitura do Sensor	Passagem física da água. Os sensores iniciam a leitura ao detectar o fluxo.
<b>Fluxo da água</b>	Água passa pela válvula	Fluxo interrompido	Passagem física da água. A interrupção do fluxo leva a este estado.

<b>Fluxo da água</b>	Abrir Válvula	Válvula Aberta	Passagem física da água. Transição de retorno à Válvula Aberta (possivelmente para realinhar o estado).
<b>Fluxo interrompido</b>	Abrir Válvula	Válvula Aberta	A passagem de água cessou. Um comando para "Abrir Válvula" retoma o fluxo.
<b>Leitura do Sensor</b>	Produção de pulsos em 5v	Circuito divisor de tensão	O sensor detecta o fluxo. Os pulsos de 5V são enviados para o divisor de tensão.
<b>Circuito divisor de tensão</b>	Tensão dos pulsos reduzidas a 3.3v	Recepção dos dados pelo ESP32	Converte a tensão dos pulsos. Os pulsos de 3.3V são enviados para o ESP32.
<b>Recepção dos dados pelo ESP32</b>	Cabo	Passagem dos dados do ESP32 para o notebook	O ESP32 recebe os dados. Os dados são enviados via cabo para o notebook.
<b>Passagem dos dados do ESP32 para o notebook</b>	Vazia	Amostragem dos dados na tabela no notebook	Os dados são transferidos para o notebook para serem organizados.
<b>Amostragem dos dados na tabela no notebook</b>	Dados para processamento	Uso dos dados para análise preditiva	Dados organizados no notebook. São enviados para o módulo de análise preditiva.
<b>Amostragem dos dados na tabela no notebook</b>	Envio dos resultados do monitoramento	Visualização no Dashboard	Dados organizados no notebook. Os resultados são enviados para exibição no dashboard.

<b>Uso dos dados para análise preditiva</b>	Vazia	Geração de Alertas e Envio de Dados	Módulo processa dados para previsões. O resultado é a geração de alertas e envio de dados.
<b>Geração de Alertas e Envio de Dados</b>	Vazia	Visualização no Dashboard	Alertas e dados são gerados. São enviados para exibição no dashboard.
<b>Visualização no Dashboard</b>	Vazia	Aguardando ação do usuário	Dados e alertas exibidos na interface. O sistema espera uma decisão do usuário.
<b>Aguardando ação do usuário</b>	Vazia	Decisão do usuário	Sistema em espera. O usuário toma uma decisão com base nas informações.
<b>Decisão do usuário</b>	Vazia	Encerramento / Reset do Ciclo	Usuário decide a ação. O ciclo atual é encerrado, podendo resetar o sistema.
<b>Encerramento / Reset do Ciclo</b>	Vazia	Leitura do Sensor	Fim do ciclo atual. O sistema pode retornar para uma nova leitura, reiniciando o monitoramento contínuo.

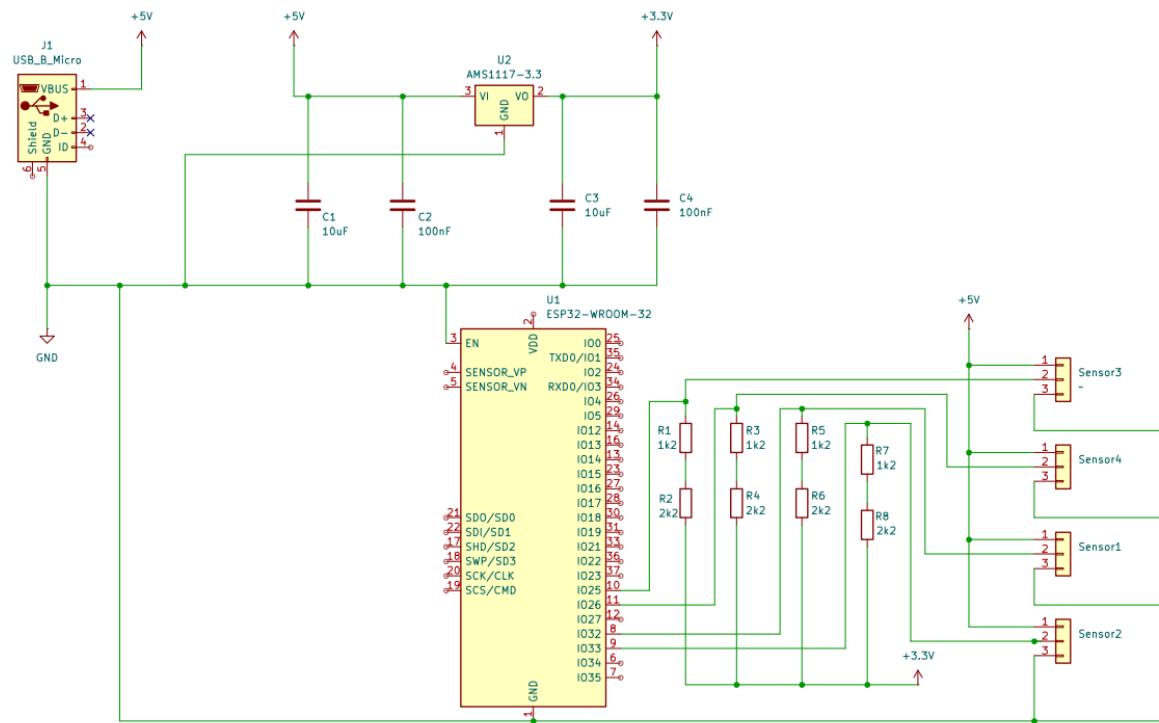
<b>Relação entre o Diagrama de Blocos e o Diagrama de Estados</b>	
<b>Elemento no Diagrama de Blocos</b>	<b>Função / Papel no Ciclo de Estados</b>
<b>Encanamentos / Entrada de água</b>	Representam o ambiente onde ocorrem os estados "Válvula Aberta", "Válvula Fechada" e "Fluxo da água".

<b>Fonte 5V/ Circuito elétrico</b>	Fornecem a energia para a "Inicialização do Sistema" e todos os estados subsequentes.
<b>Sensores</b>	Corresponde diretamente ao estado "Leitura do Sensor" , que é ativado pela "Passagem da água" e produz os pulsos de 5V.
<b>Divisor de tensão</b>	É representado pelo estado "Circuito divisor de tensão" , responsável por converter os pulsos de 5V para 3.3V.
<b>Módulo de Aquisição e Conversão (ESP32)</b>	Corresponde aos estados "Recepção dos dados pelo ESP32" e "Passagem dos dados do ESP32 para o notebook".
<b>Módulo de Análise Preditiva (ML)</b>	É representado pelo estado "Uso dos dados para análise preditiva" , que processa os dados e leva à "Geração de Alertas".
<b>Notebook</b>	Atua como o ambiente de execução para vários estados: "Amostragem dos dados..." , "Uso dos dados para análise preditiva" e "Visualização no Dashboard".
<b>Saída: Dashboard</b>	Corresponde ao estado "Visualização no Dashboard", que é a interface final para o usuário.
<b>Usuário (Mencionado na p. 14)</b>	No Diagrama de Estados, o usuário é o ator principal nos estados "Aguardando ação do usuário" e "Decisão do usuário".

---

## 4.5 Esquemático eletrônico

### Descrição do esquemático do circuito elétrico do protótipo



O circuito projetado para o sistema de monitoramento de fluxo baseia-se no microcontrolador ESP32-WROOM-32 e é composto por três subsistemas principais: a fonte de alimentação, a unidade de processamento e a interface de sensores. Abaixo estão detalhadas as conexões e funções de cada etapa:

#### 1. Subsistema de Alimentação

A entrada de energia do sistema é realizada através de um conector Micro-USB (J1), que fornece uma tensão de 5V (VBUS) proveniente de uma porta USB de notebook.

- Regulação de Tensão: Como o ESP32 opera com nível lógico de 3.3V, utiliza-se um regulador de tensão linear AMS1117-3.3 (U2) para converter os 5V de entrada em 3.3V estáveis. O próprio ESP32 tem um regulador de tensão que faz isso;
- Filtragem e Desacoplamento: Para garantir a estabilidade da tensão e evitar ruídos de alta frequência (essenciais para o funcionamento do Wi-Fi do ESP32), foram adicionados capacitores na entrada e na saída do regulador:
  - Entrada (5V): Capacitor eletrolítico de  $10\mu F$  (C1) para "bulk" e cerâmico de  $100nF$  (C2) para altas frequências.
  - Saída (3.3V): Capacitor eletrolítico de  $10\mu F$  (C3) e cerâmico de  $100nF$  (C4).

## 2. Unidade de Processamento (Microcontrolador)

O núcleo do projeto é o módulo ESP32-WROOM-32 (U1).

- Inicialização (Enable): O pino EN (Enable) está conectado ao nível alto (+3.3V) através de um resistor limitador (no esquema, representado na malha próxima à alimentação), garantindo que o chip inicie corretamente assim que a energia estabilizar.

## 3. Interface de Sensores e Condicionamento de Sinal

O sistema dispõe de conectores para 4 sensores de vazão (Sensor1 a Sensor4).

- **Alimentação:** Os sensores recebem +5V da linha principal para operação.
- **Topologia de Entrada (Pull-up):** O circuito de leitura foi configurado com uma topologia de **Pull-up referenciado em 3.3V**, assumindo que os sensores yf-s201 operam em modo *Open Collector* (Coletor Aberto) ou necessitam de polarização externa para nível lógico compatível com o ESP32.
  - **Resistores de Pull-up (R2, R4, R6, R8 - 2.2kΩ):** Conectados à linha de +3.3V. Sua função é garantir que, quando o sensor não estiver enviando sinal (flutuando), a porta do ESP32 permaneça em estado lógico "ALTO" (3.3V) estável.
  - **Resistores em Série (R1, R3, R5, R7 - 1.2kΩ):** Conectados entre o sensor e o pino de leitura para limitação de corrente e proteção do microcontrolador.
- **Análise dos Níveis Lógicos:**
  - **Estado Alto (Repouso):** A tensão no pino é fixada em 3.3V pelos resistores de 2k2.
  - **Estado Baixo (Ativo):** Quando o sensor aterra o sinal (GND), forma-se um divisor de tensão entre o pull-up (3.3V) e o resistor em série.

## 4. Mapeamento de Portas (GPIOs)

Os sinais condicionados dos sensores são lidos pelos seguintes pinos de Entrada/Saída de Propósito Geral (GPIO) do ESP32:

- Sensor 1: Conectado à GPIO 32 (IO32).
- Sensor 2: Conectado à GPIO 33 (IO33).
- Sensor 3: Conectado à GPIO 25 (IO25).
- Sensor 4: Conectado à GPIO 26 (IO26).

## Justificativa dos Componentes Críticos

A arquitetura do hardware foi definida com base na necessidade de monitoramento de vazão em tempo real, exigindo compatibilidade entre domínios de tensão distintos (5V e 3.3V). Abaixo, detalha-se a escolha e a criticidade de cada componente:

**1. Microcontrolador ESP32-WROOM-32** A escolha do ESP32 é crítica devido à sua arquitetura *dual-core* de 240MHz, que permite o processamento de interrupções de hardware (necessárias para a contagem precisa dos pulsos dos 4 sensores de vazão) em um núcleo, enquanto o outro gerencia a pilha de comunicação Wi-Fi/Bluetooth. Além disso, a disponibilidade de múltiplas GPIOs com capacidade de interrupção externa torna-o superior a microcontroladores de 8-bits para esta aplicação multissensorial.

**2. Sensores de Vazão (YF-S201)** O sensor YF-S201 foi selecionado por operar via **Efeito Hall**, o que garante isolamento elétrico entre o fluido e o circuito eletrônico, aumentando a vida útil e a segurança do sistema. Sua operação nominal em **5V** oferece melhor imunidade a ruídos em ambientes industriais se comparada a sensores de 3.3V, porém, essa tensão exige o circuito de interface descrito a seguir.

**3. Circuito de Interface Resistiva (Proteção e Polarização)** Este é o estágio mais crítico para a integridade do hardware, atuando como a ponte entre os sensores (5V) e o ESP32 (3.3V). A configuração adotada utiliza uma topologia mista de limitação e polarização:

- **Resistores de Pull-up ao 3.3V (R2, R4, R6, R8 - 2k2):** Estes componentes são fundamentais para fixar a referência lógica em 3.3V (Nível Alto seguro) quando o sensor está em estado de flutuação ou repouso. Eles garantem que a tensão na porta nunca exceda o limite de alimentação do ESP32, eliminando o risco de danos por sobretensão provenientes da linha de 5V do sensor.
- **Resistores em Série (R1, R3, R5, R7 - 1k2):** Atuam como limitadores de corrente. Sua função crítica é proteger o pino do microcontrolador contra picos de corrente ou configurações acidentais da porta como saída (output), garantindo que a corrente drenada seja mínima e segura para o GPIO.

## 5. Modelagem e Estrutura Física

### 5.1 Desenhos CAD e Imagens

Serão apresentados nessa seção os esquemas técnicos e estruturais do protótipo assim como as imagens do protótipo físico.

Os desenhos CAD incluirão:

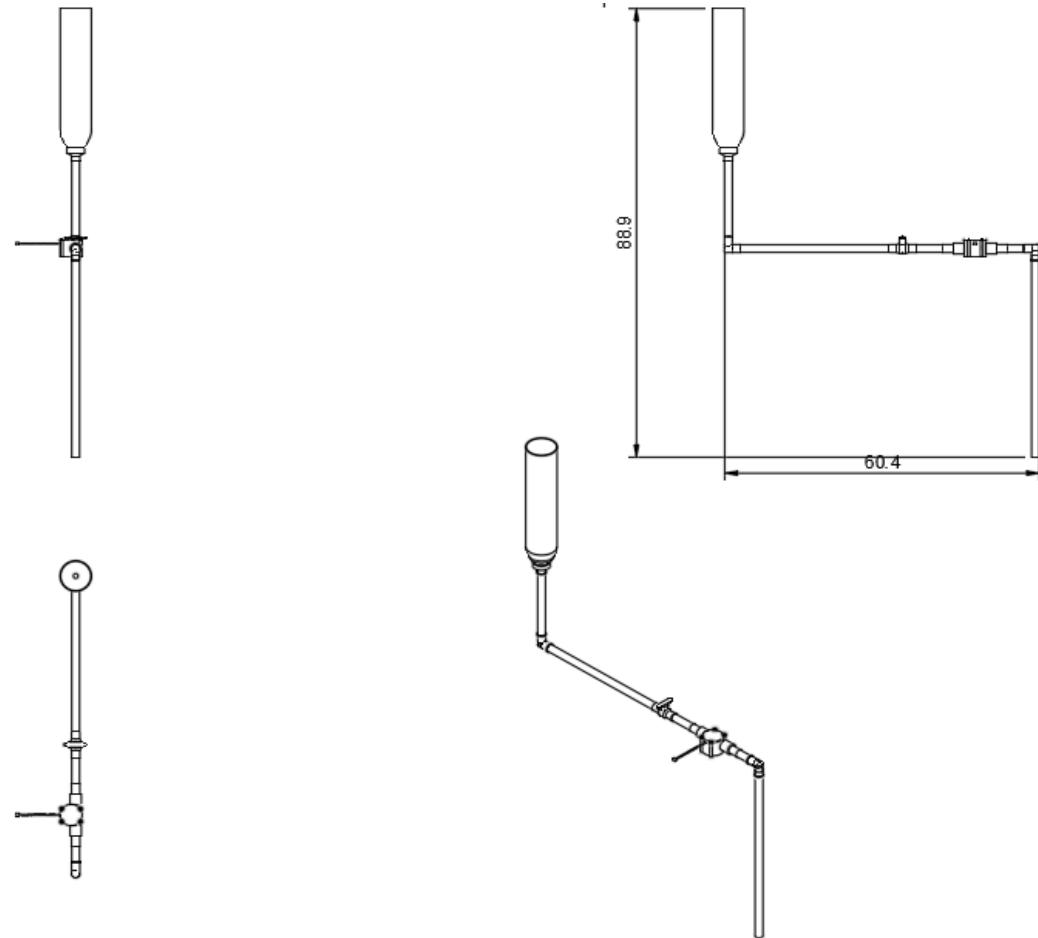
- Esquema hidráulico simplificado do sistema de medição (entrada, ramais e sensores).

Este diagrama apresenta o esquema físico e dimensional do protótipo hidráulico do projeto AquaFlow. Ele foi concebido para simular um ramal de consumo, integrando componentes hidráulicos (tubulações, conexões e válvulas) e o posicionamento de um componente de sensoriamento eletrônico (sensor de vazão).

### **Prova de Conceito Vistas Apresentadas**

O diagrama utiliza um formato de documentação técnica padrão, incluindo três vistas ortogonais (projeções 2D) e uma vista isométrica (perspectiva 3D) para detalhar a montagem:

- **Vista Lateral(Superior Direita):** Apresenta as dimensões principais do layout. Ela delimita a altura total da estrutura em **88.9 cm** e a extensão horizontal máxima do ramal em **60.4 cm**.
- **Vista Frontal(Superior esquerda):** Mostra o perfil frontal do sistema. É possível observar a entrada de água (tubo superior), a conexão com a **válvula de registro** (identificada pela alavanca) e a tubulação vertical principal.
- **Vista Superior (Inferior Esquerda):** Exibe a projeção frontal do conjunto, destacando a orientação da alavanca da válvula de registro em relação ao cano vertical.
- **Vista Isométrica (Inferior Direita):** Esta vista ilustra a montagem tridimensional completa. Ela permite visualizar claramente a sequência: a entrada de água (vertical), a conexão angular, a **válvula de registro** para controle de fluxo, a válvula , o posicionamento do **sensor de vazão** (componente cilíndrico) no ramal horizontal e a descida final do tubo.



(Protótipo CAD da prova de conceito)

## Protótipo Final: Vistas Apresentadas

O diagrama utiliza um formato de documentação técnica padrão, incluindo três vistas ortogonais (projeções 2D) e uma vista isométrica (perspectiva 3D) para detalhar a montagem:

- **Vista Lateral (Superior Direita):** Define a dimensão longitudinal do layout, delimitando o comprimento total da estrutura em 864,84 mm (aproximadamente 86,4 cm).
- **Vista Frontal (Superior Esquerda):** Exibe o perfil vertical e a altura total do sistema, que mede 796,06 mm (aproximadamente 79,6 cm). Nesta vista, identificam-se a entrada de água (tubo superior), o reservatório, a tubulação vertical principal e a conexão com a válvula de registro, caracterizada pela sua alavanca.
- **Vista Superior (Inferior Esquerda):** Apresenta a projeção do conjunto visto de cima, detalhando a disposição do sistema hidráulico e seus três ramais. É possível visualizar as conexões da fiação, o posicionamento dos sensores e válvulas, bem como a localização da protoboard, que se encontra fixada sobre uma base de suporte.
- **Vista Isométrica (Inferior Direita):** Ilustra a montagem completa em perspectiva tridimensional, permitindo compreender o sistema. A vista detalha o caminho do fluido e os componentes de controle: a entrada de água vertical, as conexões hidráulicas, as válvulas de registro para controle de fluxo, a distribuição pelos ramais com os sensores de vazão e a descida final da tubulação. Além disso, evidencia a parte elétrica, exibindo o arranjo da fiação e a localização da protoboard, que se encontra fixada sobre a base de suporte.

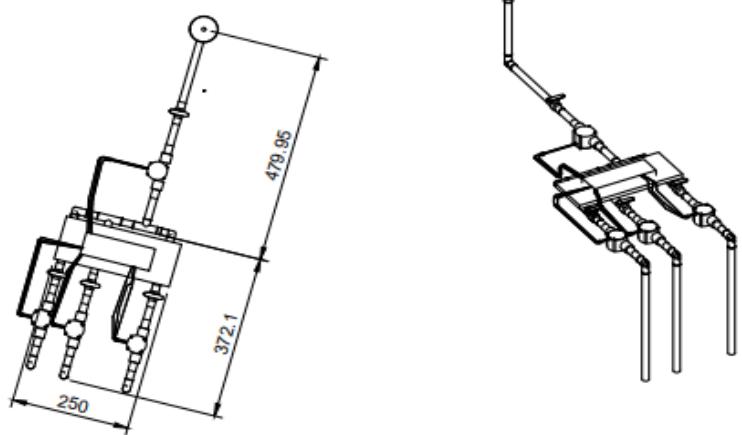
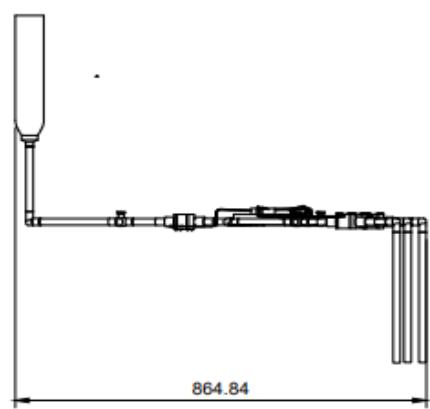
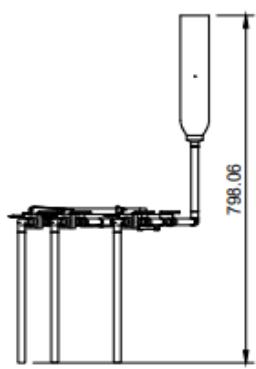




Foto 1: Protótipo do sistema de vazão montado (Prova de conceito).



Foto 2: Enchendo o recipiente do protótipo para a realização de um teste (Prova de conceito).

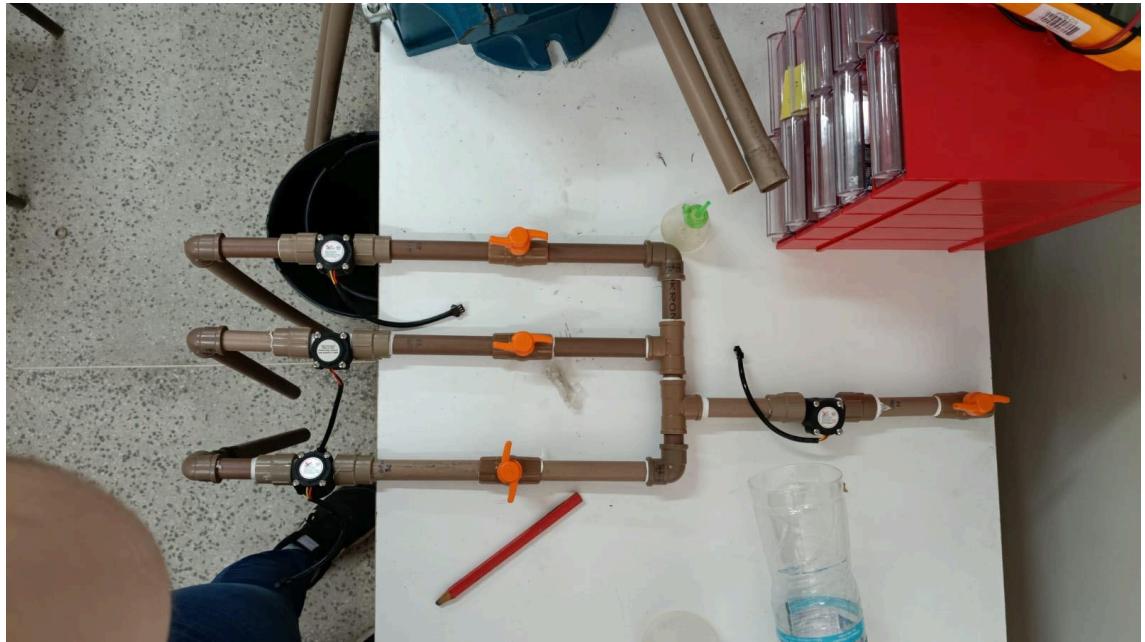
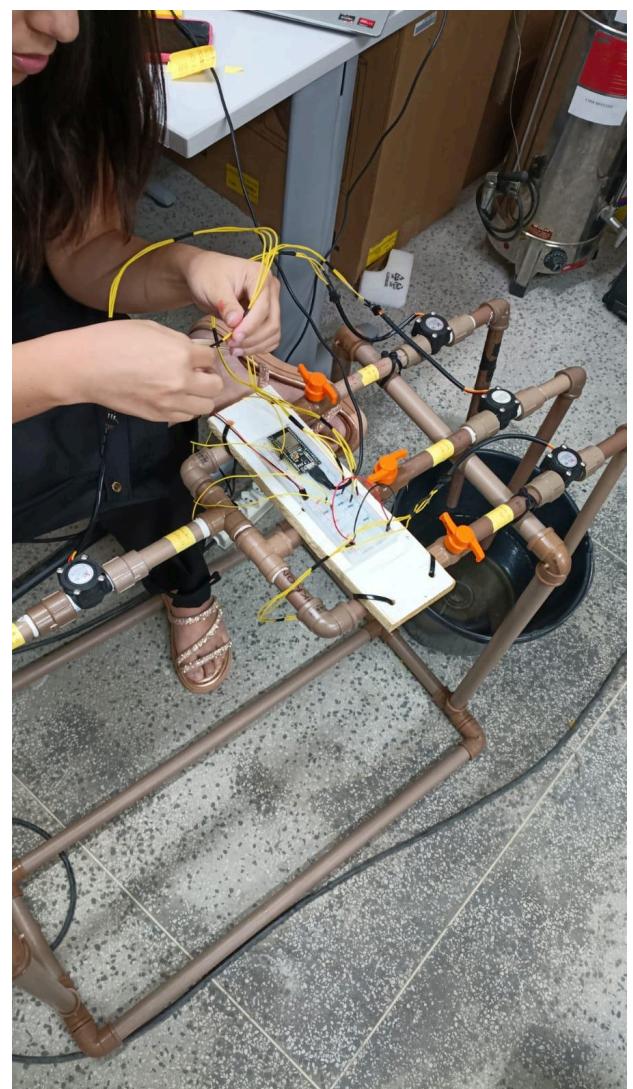


Foto 3: Protótipo do sistema de vazão montado com adição de mais sensores nos ramais.



Foto 4: Sistema com base para manutenção e teste do protótipo.



Fotos 5 e 6: Estrutura hidráulica concluída e adição do circuito elétrico.

---

## 5.2 Guia de Construção e fabricação do Protótipo Hidráulico

Este guia descreve a montagem de um sistema de fluxo de água utilizando tubos de PVC de 20mm, sensores de fluxo e válvulas de controle. O sistema é dividido em alimentação, linha principal, distribuição com simulação de vazamento e ramais individuais.

### 1. Sistema de Alimentação Vertical

O objetivo desta etapa é criar a estrutura que sustentará o reservatório de água (garrafa).

- **Corte do tubo:** Corte um pedaço de cano de PVC (20mm) com 20 cm de comprimento.

- **Adaptador de entrada:** Em uma das pontas, instale uma redução de 32mm para 20mm.
  - Esta redução servirá como suporte para fixar a garrafa que alimentará o sistema.
- **Conexão angular:** Na outra ponta do tubo, conecte um joelho de 90 graus.
- **Orientação:** Mantenha esta estrutura na posição vertical.

## 2. Linha Principal e Controle Geral

Esta parte conecta a alimentação ao sistema e mede o fluxo total.

- **Tubo horizontal:** Conecte um pedaço de cano de 15 cm ao joelho da etapa anterior (ficando na horizontal).
- **Válvula Geral:** Instale uma válvula de 20mm na ponta deste cano para controlar a vazão total da água.
- **Segmento pré-sensor:** Após a válvula, conecte um pedaço de cano de 10 cm.
- **Instalação do Sensor Principal (YF-S201):**
  1. Coloque uma luva com rosca na ponta do cano.
  2. Rosqueie a entrada do sensor de fluxo YF-S201.
  3. Na saída do sensor, rosqueie outra luva para retomar o sistema de PVC.
- **Saída da linha principal:** Conecte um pedaço de cano de 10 cm após a luva de saída do sensor.

## 3. Sistema de Distribuição e Simulação de Vazamento

O objetivo aqui é dividir o fluxo único em três caminhos e instalar o mecanismo que simulará a perda de água.

- **Divisão Primária:** Conecte um T ao final da linha principal.
- **Extensão para o Segundo Ramal:** Na saída central do primeiro T, conecte um pedaço curto de cano (5 cm) e ligue a um segundo T.
- **Instalação do Simulador de Vazamento:**
  3. Na saída central do segundo T, conecte um pedaço de cano de 5 cm.
  4. Instale a **união soldável**.
  5. *Nota:* Esta união será utilizada para simular vazamentos; ao desenroscá-la levemente, cria-se uma abertura parcial no sistema.
  6. Na saída da união, conecte outro pedaço de cano de 5 cm.
- **Finalização da Distribuição:** Conecte um joelho de 90 graus ao final do último pedaço de 5 cm.

#### **4. Montagem dos Ramais Individuais (3 Unidades)**

Cada uma das 3 saídas disponíveis (saída central do 2º T, e dos dois Joelhos nos finais) receberá uma estrutura descrita abaixo:

- **Entrada do Ramal:** Na saída do distribuidor, conecte um pedaço de cano de 15 cm.
- **Controle Individual:** Instale uma válvula de 20mm para controlar o fluxo deste ramal específico.
- **Segmento Intermediário:** Conecte um pedaço de cano de 10 cm após a válvula.
- **Sensor do Ramal:**
  1. Instale uma luva com rosca.
  2. Conecte o sensor YF-S201.
  3. Instale outra luva com rosca na saída do sensor.
- **Finalização:**
  1. Conecte um joelho na saída da luva.
  2. Finalize com um tubo de 30 cm apontado para a direção de despejo/saída(balde).

#### **5.3 Guia de Montagem Eletrônica e Interface**

Após a finalização da estrutura hidráulica, inicia-se a etapa de eletrônica. O objetivo é conectar os sensores de fluxo ao microcontrolador ESP32 utilizando uma protoboard para o condicionamento do sinal.

##### **1. Preparação da Protoboard e Alimentação**

Esta etapa garante a energia necessária para os sensores e define as referências de tensão.

- **Barramento de 5V:** Conecte uma fonte de alimentação de **5V** em um dos barramentos verticais da protoboard (linhas vermelha e azul).
- **Barramento de 3.3V:** Utilize o pino de 3.3V do próprio **ESP32 WROOM-32** para alimentar um segundo barramento vertical.
  - O ESP32 trabalha com lógica de 3.3V, enquanto os sensores serão alimentados com 5V. A separação é crucial para não queimar o microcontrolador.
- **Terra Comum (GND):** Certifique-se de interligar os terras (GND) da fonte de 5V e do ESP32 para que o circuito tenha uma referência comum.

##### **2. Conexão Inicial dos Sensores**

Cada sensor possui 3 fios que devem ser conectados corretamente na protoboard.

- **Alimentação (VCC):** Conecte o fio **Vermelho** no barramento de 5V.
- **Terra (GND):** Conecte o fio **Preto** no barramento de Terra (GND).
- **Sinal:** O fio **Amarelo** (sinal) deve ser conectado em uma trilha horizontal livre na protoboard para a montagem do circuito de proteção descrito a seguir.

### **3. Circuito de Condicionamento de Sinal**

Como o sensor opera em "Open Collector" (Coletor Aberto) e o ESP32 requer proteção e nível lógico de 3.3V, deve-se montar o seguinte circuito para **cada um dos sensores**:

- **Resistor de Série:** Na trilha horizontal onde está o fio amarelo do sensor, conecte um resistor de **1.2kΩ**.
  - Este resistor protege o pino de entrada do microcontrolador.
- **Conexão ao ESP32:** A outra ponta do resistor de 1.2kΩ deve ser conectada, via jumper, ao pino de leitura do **ESP32** (pinos definidos na etapa 4).
- **Resistor de Pull-Up:** Conecte um resistor de **2.2kΩ** entre a linha de sinal (após o resistor de 1.2kΩ ou no pino do ESP) e o **barramento de 3.3V**.
  - *Justificativa Técnica:* O funcionamento "Open Collector" do sensor exige este resistor conectado ao positivo (Pull-Up) para garantir a leitura correta dos pulsos digitais.

### **4. Mapeamento de Pinos no ESP32**

Para a leitura dos pulsos, os sensores foram conectados aos seguintes pinos de contagem do **ESP32 WROOM-32**:

- **Sensor 1:** Conectar ao pino **GPIO 26**.
- **Sensor 2:** Conectar ao pino **GPIO 25**.
- **Sensor 3:** Conectar ao pino **GPIO 32**.
- **Sensor 4:** Conectar ao pino **GPIO 33**.

### **5. Finalização e Conexão de Dados**

- **Interface:** Conecte o ESP32 ao computador ou notebook através de um cabo USB.
- **Verificação:** Certifique-se de que o computador reconheceu a porta serial para iniciar o carregamento do código e a leitura dos dados.

## 6. Lista de Materiais e Orçamento (BoM) (Checklist Item 5)

Relaciona todos os componentes e materiais necessários para a montagem do protótipo, incluindo quantidades, função de cada item e observações sobre uso ou montagem.

Versão final do protótipo						
Item	Quantidade	Descrição / Observação	Aquisição	Valor unitário	Valor total	Fornecedor
Placa ESP32	1	Microcontrolador com Wi-Fi e Bluetooth	Lab Assert - Prof Moacyr	R\$ 41,41	R\$ 41,41	<a href="https://www.mercadolivre.com.br/placa-esp32-pino-solado-wifi-bluetooth-com-esp32wroom32/up/MLBU755682304?pd_filters=item_id:MLB2860521829&amp;matt_to ol=76467042&amp;matt_interna l_campaign_id=352567815&amp;matt_word=&amp;matt_source =google&amp;matt_campaign_i d=22060114741&amp;matt_ad_group_id=179768890499&amp;matt_match_type=&amp;matt_n etwork=g&amp;matt_device=c&amp;matt_creative=752099105674&amp;matt_keyword=&amp;matt_ad_position=&amp;matt_ad_typ e=pla&amp;matt_merchant_id=549605439&amp;matt_product_id =MLB2860521829&amp;matt_p roduct_partition_id=2419768794189&amp;matt_target_id=p la-2419768794189&amp;cq_src =google_ads&amp;cq_cmp=22060114741&amp;cq_net=g&amp;cq_p lt=gp&amp;cq_med=pla&amp;gad_s ource=1&amp;gad_campaignid=22060114741&amp;gbraid=0AAAAD93qeBYs1Ddt5bF57rMwVPccGobJ&amp;clid=Cj0KCQjAxonKBhC1ARIaI Hq_ltseGXbzfueb3t5akeNyEX8DIQIXZlpIlexiTImIEpXtlHODzqFdjEaAkdXEALw_wcB">https://www.mercadolivre.com.br/placa-esp32-pino-solado-wifi-bluetooth-com-esp32wroom32/up/MLBU755682304?pd_filters=item_id:MLB2860521829&amp;matt_to ol=76467042&amp;matt_interna l_campaign_id=352567815&amp;matt_word=&amp;matt_source =google&amp;matt_campaign_i d=22060114741&amp;matt_ad_group_id=179768890499&amp;matt_match_type=&amp;matt_n etwork=g&amp;matt_device=c&amp;matt_creative=752099105674&amp;matt_keyword=&amp;matt_ad_position=&amp;matt_ad_typ e=pla&amp;matt_merchant_id=549605439&amp;matt_product_id =MLB2860521829&amp;matt_p roduct_partition_id=2419768794189&amp;matt_target_id=p la-2419768794189&amp;cq_src =google_ads&amp;cq_cmp=22060114741&amp;cq_net=g&amp;cq_p lt=gp&amp;cq_med=pla&amp;gad_s ource=1&amp;gad_campaignid=22060114741&amp;gbraid=0AAAAD93qeBYs1Ddt5bF57rMwVPccGobJ&amp;clid=Cj0KCQjAxonKBhC1ARIaI Hq_ltseGXbzfueb3t5akeNyEX8DIQIXZlpIlexiTImIEpXtlHODzqFdjEaAkdXEALw_wcB</a>
Sensor de vazão (modelo YF-S201)	4	3 ramais + 1 entrada principal	1 - Lab Assert - Prof Moacyr	R\$ 38,00	R\$152,00	Lojista de Campina Grande

ou similar)			2 - Prof Alexandre 2 - aquisição própria			
Canos PVC de 20mm de diâmetro	3.5m	Canos de PVC utilizados para a construção da estrutura do protótipo	Aquisição própria	~R\$14,00	~R\$14,00	Lojista de Campina Grande
Abraçadeiras plásticas	10	Fixação dos sensores	Aquisição própria	~R\$ 0,50	~R\$ 5,00	Lojista de Campina Grande
luva com rosca e joelho ambos soldaveis e 20 mm	8		Aquisição própria	R\$ 1,25	R\$ 10,00	Lojista de Campina Grande
Ts soldaveis 20mm	4		Aquisição própria	~R\$ 2,00	~R\$ 8,00	Lojista de Campina Grande
Torneirinhas / válvulas de registro 20mm	4	Simulação de controle de fluxo	Aquisição própria	R\$ 6,00	R\$ 24,00	Lojista de Campina Grande

Balde ou galão	2	Coleta e medição de saída de água	Aquisição própria	~R\$ 15,00	~R\$30,00	Lojista de Campina Grande
Fita de vedação 3m	1	Vedaçāo dos canos	Aquisição própria	R\$ 4,00	R\$ 4,00	Lojista de Campina Grande
Protoboard	1	Montagem de testes	Lab Assert - Prof Moacyr	R\$16,50	R\$16,50	<a href="https://www.mercadolivre.com.br/protobuf-830-pontos-breadboard-830-furos-arduino/p/MLB28453899?pd_filters=item_id%3AMLB5067371316&amp;from=gshop&amp;matt_tool=78063701&amp;matt_internal_campaign_id=&amp;matt_word=&amp;matt_source=google&amp;matt_campaign_id=22127124182&amp;matt_ad_group_id=173399231933&amp;matt_match_type=&amp;matt_network=g&amp;matt_device=c&amp;matt_creative=729051405552&amp;matt_keyword=&amp;matt_ad_position=&amp;matt_ad_type=pla&amp;matt_merchant_id=735128761&amp;matt_product_id=MLB28453899-product&amp;matt_product_partition_id=2375096926042&amp;matt_target_id=pla-2375096926042&amp;cq_src=google_ads&amp;cq_cmp=22127124182&amp;cq_net=g&amp;cq_plt=gp&amp;cq_med=pla&amp;gad_source=1&amp;gad_campaignid=22127124182&amp;gbraids=0A AAAAD93qcBr_IYCO0rbxyhFd1z5pVAT&amp;gclid=Cj0KCQiAxonKBhC1ARIsAIHq_ltqtyZ6CPIevO0qYEmFm5lySXO5wP5clHESBcXoIL9ShdXc4LcVRVMaAtJWEALw_wcB">https://www.mercadolivre.com.br/protobuf-830-pontos-breadboard-830-furos-arduino/p/MLB28453899?pd_filters=item_id%3AMLB5067371316&amp;from=gshop&amp;matt_tool=78063701&amp;matt_internal_campaign_id=&amp;matt_word=&amp;matt_source=google&amp;matt_campaign_id=22127124182&amp;matt_ad_group_id=173399231933&amp;matt_match_type=&amp;matt_network=g&amp;matt_device=c&amp;matt_creative=729051405552&amp;matt_keyword=&amp;matt_ad_position=&amp;matt_ad_type=pla&amp;matt_merchant_id=735128761&amp;matt_product_id=MLB28453899-product&amp;matt_product_partition_id=2375096926042&amp;matt_target_id=pla-2375096926042&amp;cq_src=google_ads&amp;cq_cmp=22127124182&amp;cq_net=g&amp;cq_plt=gp&amp;cq_med=pla&amp;gad_source=1&amp;gad_campaignid=22127124182&amp;gbraids=0A AAAAD93qcBr_IYCO0rbxyhFd1z5pVAT&amp;gclid=Cj0KCQiAxonKBhC1ARIsAIHq_ltqtyZ6CPIevO0qYEmFm5lySXO5wP5clHESBcXoIL9ShdXc4LcVRVMaAtJWEALw_wcB</a>
Jumpers	1 kit	Conexões elétricas	Lab Assert - Prof Moacyr	~R\$13,50	~R\$13,50	<a href="https://www.mercadolivre.com.br/jumper-fio-40pcs-de-20cm-machofmea-para-arduino/p/MLB35869538?pd_filters=item_id%3AMLB5454750584&amp;from=gshop&amp;matt_tool=78063701&amp;matt_internal_campaign_id=&amp;matt_word=&amp;matt_source=google&amp;matt_campaign_id=22127124182&amp;matt_ad_group_id=173399231933&amp;matt_match_type=&amp;matt_network=g&amp;matt_device=c&amp;matt_creative=729051405552&amp;matt_keyword=&amp;matt_ad_position=&amp;matt_ad_type=pla&amp;matt_merchant_id=735128761&amp;matt_product_id=MLB35869538-product&amp;matt_product_partition_id=2375096926042&amp;matt_target_id=pla-2375096926042&amp;cq_src=google_ads&amp;cq_cmp=22127124182&amp;cq_net=g&amp;cq_plt=gp&amp;cq_med=pla&amp;gad_source=1&amp;gad_campaignid=22127124182&amp;gbraids=0A AAAAD93qcBr_IYCO0rbxyhFd1z5pVAT&amp;gclid=Cj0KCQiAxonKBhC1ARIsAIHq_ltqtyZ6CPIevO0qYEmFm5lySXO5wP5clHESBcXoIL9ShdXc4LcVRVMaAtJWEALw_wcB">https://www.mercadolivre.com.br/jumper-fio-40pcs-de-20cm-machofmea-para-arduino/p/MLB35869538?pd_filters=item_id%3AMLB5454750584&amp;from=gshop&amp;matt_tool=78063701&amp;matt_internal_campaign_id=&amp;matt_word=&amp;matt_source=google&amp;matt_campaign_id=22127124182&amp;matt_ad_group_id=173399231933&amp;matt_match_type=&amp;matt_network=g&amp;matt_device=c&amp;matt_creative=729051405552&amp;matt_keyword=&amp;matt_ad_position=&amp;matt_ad_type=pla&amp;matt_merchant_id=735128761&amp;matt_product_id=MLB35869538-product&amp;matt_product_partition_id=2375096926042&amp;matt_target_id=pla-2375096926042&amp;cq_src=google_ads&amp;cq_cmp=22127124182&amp;cq_net=g&amp;cq_plt=gp&amp;cq_med=pla&amp;gad_source=1&amp;gad_campaignid=22127124182&amp;gbraids=0A AAAAD93qcBr_IYCO0rbxyhFd1z5pVAT&amp;gclid=Cj0KCQiAxonKBhC1ARIsAIHq_ltqtyZ6CPIevO0qYEmFm5lySXO5wP5clHESBcXoIL9ShdXc4LcVRVMaAtJWEALw_wcB</a>

						<a href="https://www.mercadolivre.com.br/ad/click?ad_id=2375096926042&amp;ad_type=pla&amp;campaign_id=22127124182&amp;ad_source=g&amp;ad_medium=pla&amp;ad_campaign_id=22127124182&amp;ad_gbraid=0AAAAAD93qcAjkcTb6wevvBR4AAFVq3RDL&amp;ad_gclid=Cj0KCOiAxonKBhC1ARIsAIHqJls9A3D_IHmSHzxeq5Nc9rWzAHETF5wSbsyga_d08AGm_P7qsMv9T04aAr8sEALw_wcB">keyword=&amp;matt_ad_position=&amp;matt_ad_type=pla&amp;merchant_id=735098639&amp;matt_product_id=MLB35869538&amp;product=&amp;matt_product_partition_id=2375096926042&amp;matt_target_id=pla-2375096926042&amp;cq_src=google_ads&amp;cq_cmp=22127124182&amp;cq_net=g&amp;cq_plt=gp&amp;cq_med=pla&amp;gad_source=4&amp;gad_campaignid=22127124182&amp;gbraid=0AAAAAD93qcAjkcTb6wevvBR4AAFVq3RDL&amp;gclid=Cj0KCOiAxonKBhC1ARIsAIHqJls9A3D_IHmSHzxeq5Nc9rWzAHETF5wSbsyga_d08AGm_P7qsMv9T04aAr8sEALw_wcB</a>
Resistores 2k $\Omega$ / 1k $\Omega$	4 kits	Ajustes e proteção	Lab Assert - Prof Moacyr	~R\$10,00	~R\$10,00	<a href="https://www.mercadolivre.com.br/kit-10-x-resistor-22k-ohm-14w-1-projeto-arduino-raspberry/up/MLBU1754411567?pdः filters=item_id:MLB937733782&amp;matt_tool=19390443&amp;matt_internal_campaign_id=&amp;matt_word=&amp;matt_source=google&amp;matt_campaign_id=22090354205&amp;matt_ad_group_id=173090538676&amp;matt_match_type=&amp;matt_network=g&amp;matt_device=c&amp;matt_creative=727882727907&amp;matt_keyword=&amp;matt_ad_position=&amp;matt_ad_type=pla&amp;matt Merchant_id=548401642&amp;matt_product_id=MLB937733782&amp;matt_product_partition_id=2389865440548&amp;matt_target_id=pla-2389865440548&amp;cq_src=google_ads&amp;cq_cmp=22090354205&amp;cq_net=g&amp;cq_plt=gp&amp;cq_med=pla&amp;gad_source=1&amp;gad_campaignid=22090354205&amp;gbraid=0AAAAAD93qcCwBfgLnu5FCgIzqygvM_ccT&amp;gclid=Cj0KCOiAxonKBhC1ARIsAIHqItib6PHLI6UFPPK24QNsYayM6oNX039jfYy3U8FgvxYmRquTWzLMoaAsCdEALw_wcB">https://www.mercadolivre.com.br/kit-10-x-resistor-22k-ohm-14w-1-projeto-arduino-raspberry/up/MLBU1754411567?pdः filters=item_id:MLB937733782&amp;matt_tool=19390443&amp;matt_internal_campaign_id=&amp;matt_word=&amp;matt_source=google&amp;matt_campaign_id=22090354205&amp;matt_ad_group_id=173090538676&amp;matt_match_type=&amp;matt_network=g&amp;matt_device=c&amp;matt_creative=727882727907&amp;matt_keyword=&amp;matt_ad_position=&amp;matt_ad_type=pla&amp;matt Merchant_id=548401642&amp;matt_product_id=MLB937733782&amp;matt_product_partition_id=2389865440548&amp;matt_target_id=pla-2389865440548&amp;cq_src=google_ads&amp;cq_cmp=22090354205&amp;cq_net=g&amp;cq_plt=gp&amp;cq_med=pla&amp;gad_source=1&amp;gad_campaignid=22090354205&amp;gbraid=0AAAAAD93qcCwBfgLnu5FCgIzqygvM_ccT&amp;gclid=Cj0KCOiAxonKBhC1ARIsAIHqItib6PHLI6UFPPK24QNsYayM6oNX039jfYy3U8FgvxYmRquTWzLMoaAsCdEALw_wcB</a>
Fonte 5V 2A	1	Alimentação do sistema	Lab Assert - Prof Moacyr	R\$ 20,79	R\$ 20,79	<a href="https://www.mercadolivre.com.br/fonte-de-alimentacao-5v-2a-bivolt-110220v-p4-e-stabilizada/up/MLBU3044502564?pdः filters=item_id:MLB3989352319&amp;matt_tool=13603343&amp;matt_internal_campaign_id=349692723&amp;matt_word=&amp;matt_source=google&amp;matt_campaign_i">https://www.mercadolivre.com.br/fonte-de-alimentacao-5v-2a-bivolt-110220v-p4-e-stabilizada/up/MLBU3044502564?pdः filters=item_id:MLB3989352319&amp;matt_tool=13603343&amp;matt_internal_campaign_id=349692723&amp;matt_word=&amp;matt_source=google&amp;matt_campaign_i</a>

						<a href="#">d=22060114741&amp;matt_ad_group_id=189327718011&amp;matt_match_type=&amp;matt_network=g&amp;matt_device=c&amp;matt_creative=768467868698&amp;matt_keyword=&amp;matt_ad_position=&amp;matt_ad_type=pla&amp;matt_merchant_id=5438455699&amp;matt_product_id=MLB3989352319&amp;matt_product_partition_id=2436695918784&amp;matt_target_id=pla-2436695918784&amp;cq_src=google_ads&amp;cq_cmp=22060114741&amp;cq_net=g&amp;cq_plt=gp&amp;cq_med=pla&amp;gad_source=1&amp;gad_campaignid=22060114741&amp;gbraid=0A AAAAD93qcBYs1Ddt5bF57rMwVPccGobJ&amp;gclid=Cj0KCOiAxonKBhC1ARIaAIHq_lvwz6Txshnbrg0koCKLesPtL59OThAD5DZRzyGGjZQmzx9B1M3EaAo3-EALw_wcB</a>
Notebook	1	Exibição local dos dados	Aquisição própria	-----	-----	-----
<b>VALOR TOTAL</b>						<b>~R\$ 349,20</b>

## 7. Documentação do Código-Fonte (Checklist Item 2)

### 7.1 Estrutura do Projeto

O projeto possui uma organização modular, separando interface, coleta de dados e processamento de Machine Learning:

#### Dashboard:

```
├── app.py          # Arquivo principal que inicializa a aplicação Dash
├── assets          # Recursos estáticos (imagens, CSS)
│   └── house.png    # Planta da casa
├── data            # Armazena arquivos CSV e scripts de geração
│   ├── config.json  # Configurações da casa e dos sensores
│   ├── data.csv      # Dataset gerado pelo generate_dataset.py
│   ├── data_test.csv # Dados em tempo real dos sensores
│   └── generate_dataset.py # Geração de dataset simulado de consumo
├── ml              # Módulos de Machine Learning
│   ├── models        # Modelos treinados e scalers
│   │   ├── best_model.pkl
│   │   ├── results.json
│   │   └── scaler.pkl
│   ├── preprocess.py # Pré-processamento dos dados
│   └── train_models.py # Treinamento de modelos de regressão
└── pages           # Páginas do dashboard
    ├── alerts.py     # Detecção de vazamentos
    ├── consumption.py # Gráficos de consumo
    ├── dataset.py    # Tabela de dados em tempo real
    ├── heatmap.py    # Mapa de calor da planta da casa
    ├── home.py       # Configurações da casa
    ├── prediction.py # Previsão de consumo futuro
    └── sensors.py    # Sensores
├── get_data.py      #Coletar dados da porta serial e salvar em tempo real no csv
├── README.md        # Informações básicas do projeto
└── requirements.txt # Bibliotecas necessárias
```

### 7.2 Bibliotecas Utilizadas

- **Dash / Dash Bootstrap Components:** construção do dashboard web interativo.
- **Plotly Express / Graph Objects:** gráficos interativos, barras, scatter e mapa de calor.
- **Pandas / NumPy:** manipulação de dados, cálculos numéricos e agregações.
- **Scikit-learn:** treinamento e avaliação de modelos de regressão (Linear, Decision Tree, Random Forest, SVR, Gradient Boosting).
- **Serial:** leitura de dados da porta serial dos sensores.
- **JSON / Pickle:** armazenamento de configurações e modelos treinados.
- **Base64 / Pathlib:** manipulação de imagens e arquivos do sistema.

## 7.3 Guia Rápido de Execução

### 2.3.1 Coleta de Dados em Tempo Real

- Executar `get_data.py` (fora do ambiente Dash) para ler sensores conectados à porta serial (`/dev/ttyUSB0`).
- Cada leitura é armazenada em `data/data_test.csv` no formato: `Timestamp | S1 Pulsos | S1 L/s | S2 Pulsos | S2 L/s | S3 Pulsos | S3 L/s | S4 Pulsos | S4 L/s`
- As linhas só são gravadas quando todos os sensores enviam dados, garantindo consistência.

### 2.3.2 Dashboard Web

- Executar `app.py` para inicializar o dashboard.
- Abrir o navegador em `http://127.0.0.1:8050` para acessar a interface.

## 7.4 Funcionalidades do Dashboard

### 7.4.1 Home

- Configuração da casa: nome do proprietário, endereço e preço da água.
- Upload da planta da casa.
- Configuração dos nomes dos sensores.

### 7.4.2 Mapa de Calor (Heatmap)

- Exibe a planta da casa com sensores posicionados.
- Círculos representam a vazão medida em tempo real.
- Cores e tamanhos das bolhas indicam intensidade da vazão.
- Permite clicar em um sensor para alterar manualmente sua posição.

### 7.4.3 Dataset

- Tabela atualizada em tempo real com os dados do CSV.
- Exibe pulsos e vazão de cada sensor.
- Atualização automática a cada segundo (`dcc.Interval`).

### 7.4.4 Consumo

- Gráficos de consumo diário, semanal e mensal.
- Permite selecionar o mês de análise.
- Baseado em agregações do CSV: soma diária, semanal e média mensal.

### 7.4.5 Alertas de Vazamento

- Detecta vazamentos quando a vazão total (S4) excede a soma dos sensores individuais (S1+S2+S3).
- Exibe:
  - Gráfico scatter da vazão excedente.
  - Tabela detalhada com timestamp, diferença, percentual excedente.
  - Contador de eventos detectados.
- Diferencia gravidade do vazamento por cores: crítico, médio e leve.

#### 7.4.6 Previsão de Consumo (ML)

- generate\_dataset.py gera dados simulados de consumo de água por 1 ano, com vazamentos aleatórios.
- preprocess.py processa os dados e gera features mensais para regressão.
- train\_models.py treina vários modelos de regressão e seleciona o melhor pelo  $R^2$ .
- Resultado salvo em ml/models/best\_model.pkl e ml/models/scaler.pkl.
- Permite previsão do consumo do próximo mês.

### 7.5 Fluxo de Dados / Lógica do Sistema

#### 2.5.1 Coleta de Dados

Sensores -> Porta Serial (/dev/ttyUSB0) -> get\_data.py  
 -> Buffer temporário  
 -> CSV (data/data\_test.csv)

#### 2.5.2 Atualização do Dashboard

app.py

```

  └── home.py      -> Configurações da casa
  └── heatmap.py   -> Mapa de calor
  └── dataset.py    -> Tabela em tempo real
  └── consumption.py -> Gráficos de consumo
  └── alerts.py     -> Alertas de vazamento
  └── prediction.py -> Previsão de consumo futuro

```

#### 2.5.3 Previsão de Consumo Futuro (offline)

generate\_dataset.py -> Criação de dataset simulado  
 preprocess.py -> Pré-processamento e features  
 train\_models.py -> Treinamento e avaliação de modelos  
 ml/models/ -> Melhor modelo salvo + scaler

### 7.6 Observações Técnicas

- O projeto não depende de banco de dados, utiliza CSVs locais.

- O sistema permite visualização em tempo real dos dados e edição das posições dos sensores.
- Alertas são visuais e tabelados, facilitando identificação de vazamentos.
- Código modular, permitindo extensão e manutenção simplificada.
- O modelo de previsão permite planejamento do consumo futuro baseado em históricos mensais.

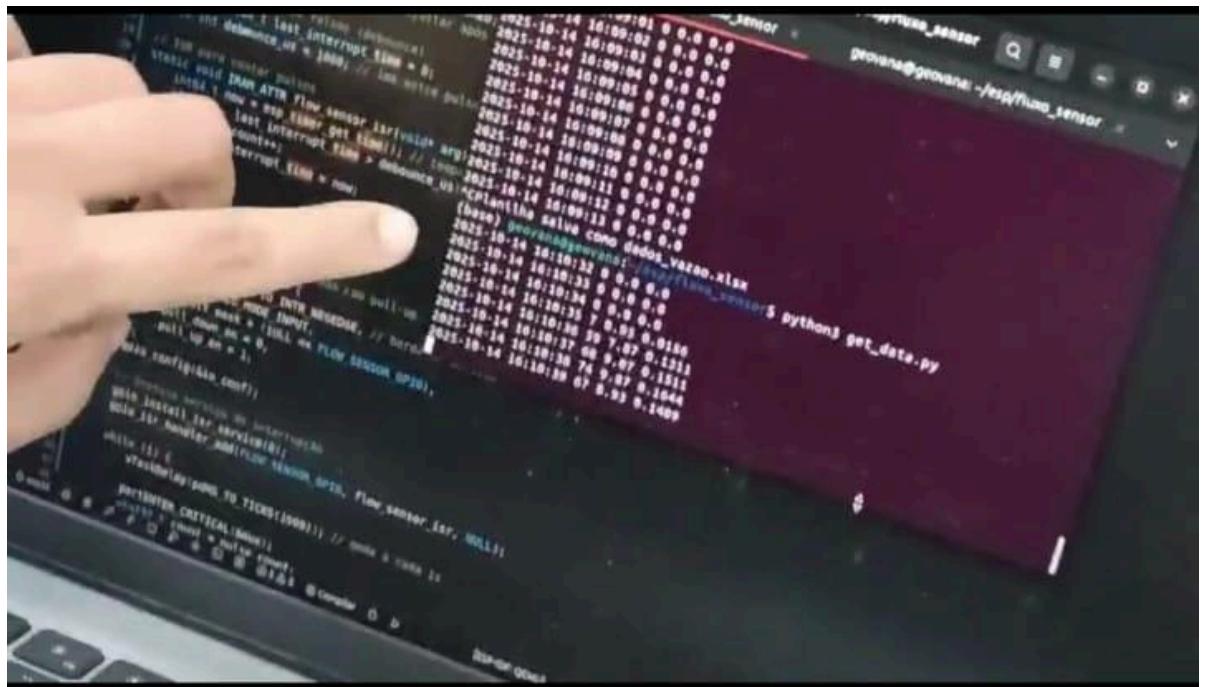


Foto 3: Demonstração da captação e contagem de pulsos no notebook.

## 7.7 Dashboard

O dashboard foi desenvolvido com o objetivo de monitorar e analisar o consumo de água de forma prática e intuitiva, utilizando os dados coletados pelos sensores instalados. Na fase inicial do projeto, foram utilizados dados simulados representando um período de um ano de consumo, com medições registradas a cada 15 minutos. Em um cenário real de operação, entretanto, o dataset é atualizado em tempo real, com novas leituras sendo recebidas a cada segundo.

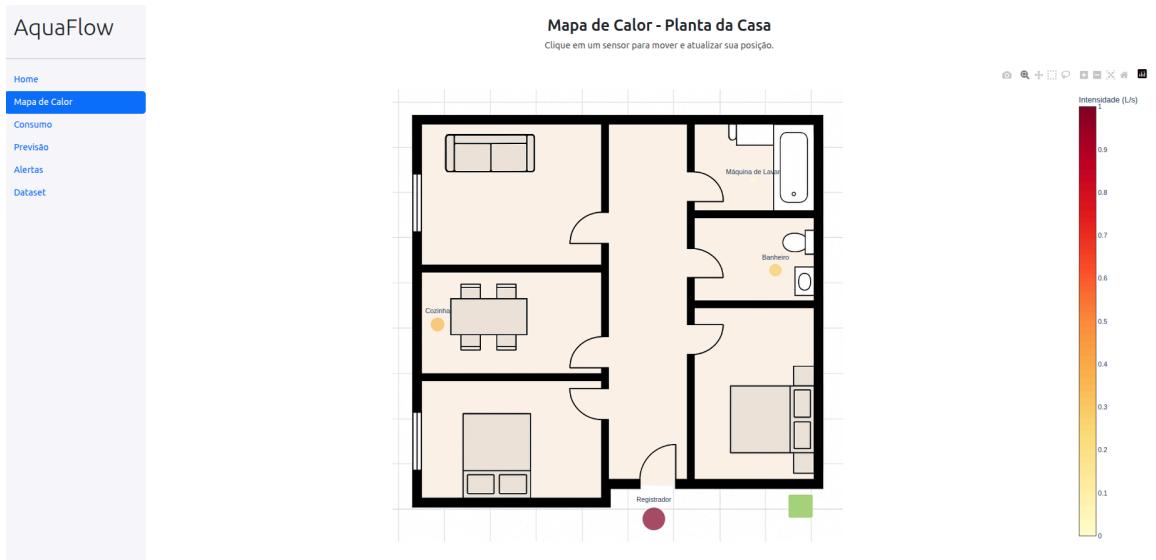
- **Tela de Configuração:** permite personalizar o sistema, possibilitando o cadastro e a edição dos nomes dos sensores, além do upload da planta da residência para melhor visualização dos pontos de consumo.

### Tela de Configuração



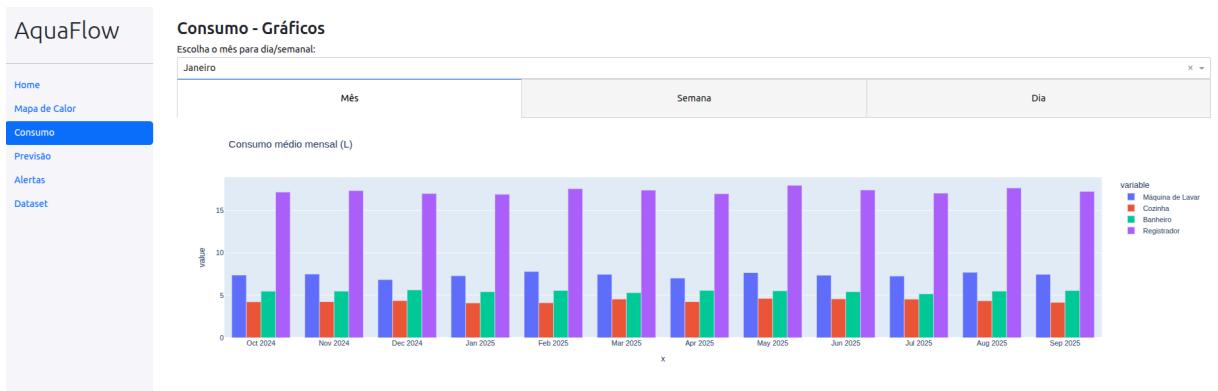
- **Tela de Monitoramento:** apresenta um mapa de calor que indica, em tempo real, o uso das torneiras e demais pontos de consumo. Essa visualização facilita a identificação de quais áreas estão sendo mais utilizadas no momento.

### Tela de Monitoramento



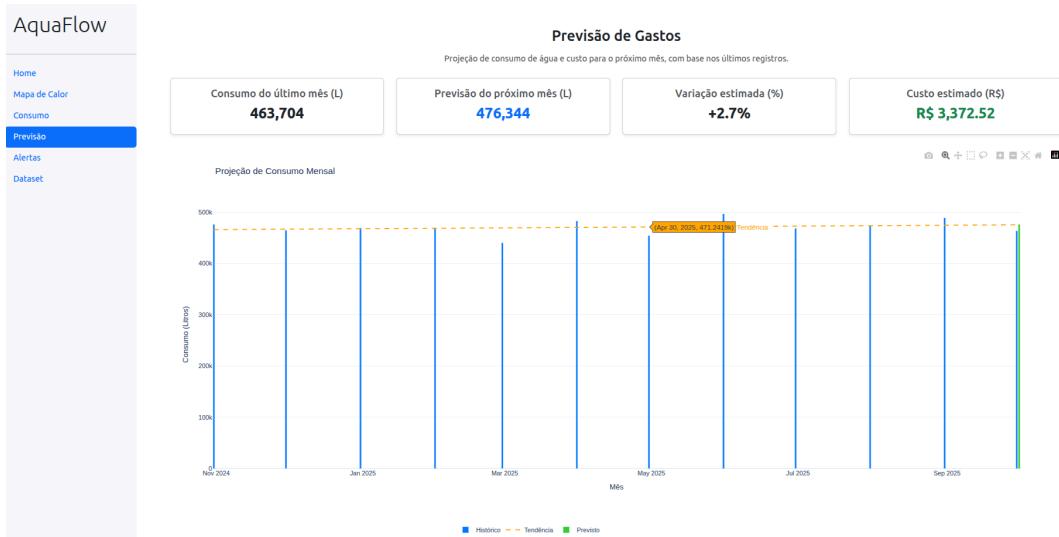
- **Gráficos de Consumo:** exibem dados históricos de uso de água em diferentes níveis de detalhe anual, mensal, semanal e diário, permitindo identificar padrões e tendências de consumo ao longo do tempo.

## Gráficos de Consumo



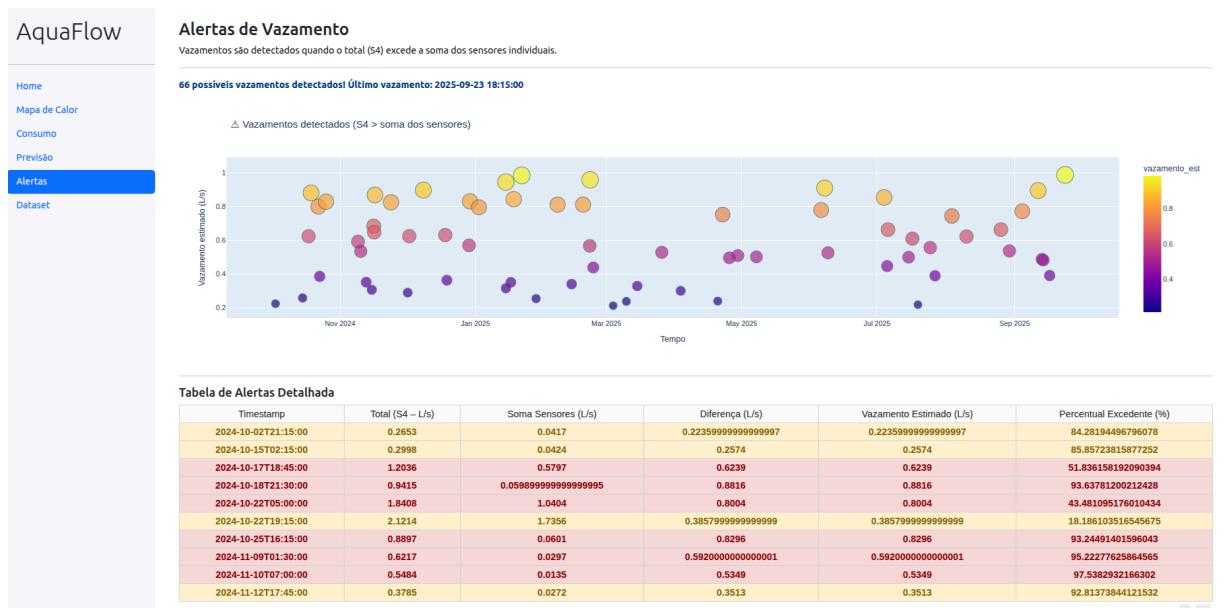
- **Tela de Predição:** realiza projeções de gastos futuros, auxiliando no planejamento e controle do consumo de água.

## Tela de Predição



- **Tela de Alertas:** sinaliza possíveis vazamentos ou comportamentos anômalos no uso, contribuindo para uma resposta rápida a desperdícios.

## Tela de Alertas



- Exibição do Dataset:** apresenta todos os dados brutos coletados pelos sensores, permitindo consultas e análises detalhadas.

## Exibição do Dataset

**AquaFlow**

**Dataset Completo**

Timestamp	Pulsos	Vazão (L/min)	$S_1 - Vazão (L/s)$	$S_2 - Vazão (L/s)$	$S_3 - Vazão (L/s)$	$S_4 - Vazão (L/s)$
2024-01-01 00:00:00	287	28.7	0	0.0159	0	0.0159
2024-01-01 00:15:00	398	39.803	0	0.0221	0	0.0221
2024-01-01 00:30:00	0	0	0	0	0	0
2024-01-01 00:45:00	744	74.436	0.0118	0.018	0.0115	0.0414
2024-01-01 01:00:00	542	54.26	0	0.0301	0	0.0301
2024-01-01 01:15:00	431	43.184	0	0.024	0	0.024
2024-01-01 01:30:00	282	28.24	0.0119	0	0.0038	0.0157
2024-01-01 01:45:00	291	29.156	0.0146	0.0016	0	0.0162
2024-01-01 02:00:00	0	0	0	0	0	0
2024-01-01 02:15:00	472	47.218	0	0	0.0262	0.0262
2024-01-01 02:30:00	518	51.809	0.01	0	0.0188	0.0288
2024-01-01 02:45:00	34	3.454	0	0	0.0019	0.0019
2024-01-01 03:00:00	331	33.133	0.0062	0.0007	0.0114	0.0184
2024-01-01 03:15:00	4	0.465	0.0003	0	0	0.0003
2024-01-01 03:30:00	485	48.545	0.0109	0.0134	0.0026	0.027
2024-01-01 03:45:00	202	20.226	0.0021	0.0091	0	0.0112
2024-01-01 04:00:00	210	21.087	0.0013	0.0076	0.0029	0.0117
2024-01-01 04:15:00	26	2.692	0.0015	0	0	0.0015
2024-01-01 04:30:00	447	44.796	0	0.0249	0	0.0249
2024-01-01 04:45:00	312	31.265	0	0.0137	0.0037	0.0174

« ‹ 1 / 1752 › »

## **8. Consolidação Funcional e Resultados**

A Consolidação Funcional e os Resultados do projeto AquaFlow demonstram a entrega de um protótipo operacional voltado para o monitoramento hídrico inteligente, embora com limitações específicas de refinamento técnico.

Abaixo, detalha-se o que foi alcançado e os desempenhos registrados:

### **1. Consolidação das Funcionalidades (O que o sistema faz)**

O projeto consolidou a maioria dos seus requisitos funcionais, transformando a leitura bruta de sensores em informações úteis para o usuário:

- Monitoramento em Tempo Real: O sistema realiza a leitura contínua de sensores de vazão instalados em diferentes pontos, obtendo a vazão instantânea.
- Cálculo de Consumo: A vazão é convertida com sucesso em volume acumulado (litros), permitindo o registro do consumo individual e total.
- Detecção de Vazamentos: O sistema compara o volume de entrada com o total consumido na saída. Se houver discrepância, alertas visuais ou textuais são gerados para indicar possíveis perdas.
- Análise Preditiva: Foi implementado um modelo inicial de *Machine Learning* que estima o consumo futuro com base nos dados coletados durante os testes.
- Interface Serial: As informações são disponibilizadas em um dashboard conectado via porta serial USB ao notebook.

### **2. Resultados Técnicos e Desempenho**

Os resultados mostram que o AquaFlow atingiu os critérios básicos de funcionamento, mas enfrentou desafios de precisão e estabilidade a longo prazo:

- Tempo de Resposta: O requisito de atualização em intervalos inferiores a 2 segundos foi atendido, garantindo uma leitura quase em tempo real.
- Precisão das Medições: Houve dificuldade em garantir a precisão de 5% em todas as condições devido a limitações de calibração no tempo disponível. Em testes específicos, como exemplificado na documentação, foram registrados erros baixos (ex: entrada de 10L e saída de 10.2L, indicando 2% de erro em cenários controlados).
- Eficiência Energética: O protótipo opera com consumo elétrico inferior a 5W, sendo adequado para uso doméstico contínuo.

### **3. Funcionalidades Não Concluídas (Limitações)**

Algumas metas não foram atingidas na versão final devido a restrições de tempo de desenvolvimento:

- Geração de Recomendações: A função de fornecer mensagens automáticas sobre o uso racional da água (RF08) não foi implementada.
- Confiabilidade de Longo Prazo: O sistema não pôde ser validado para operação contínua superior a 24 horas sem falhas críticas.
- Controle Ativo: O AquaFlow permanece apenas como uma ferramenta de monitoramento, sem a capacidade de fechar válvulas automaticamente em caso de vazamento.

Em resumo, a consolidação funcional prova que a arquitetura baseada em ESP32 e sensores de vazão é viável para a detecção de desperdícios, servindo como uma prova de conceito robusta para futuras expansões em IoT e automação residencial.

## 9. Entrega Digital e Considerações Finais

Este projeto representa um **protótipo funcional** de um sistema sustentável, acessível e tecnologicamente relevante, que alia **engenharia eletrônica, programação embarcada e análise de dados**. A proposta busca demonstrar como a **prototipagem rápida** pode gerar soluções reais para problemas ambientais e sociais, unindo tecnologia e consciência ecológica.

### Entrega Digital

#### Repositório GitHub:

 <https://github.com/Andreza-S/AquaFlow-Sistema-Inteligente-de-Consumo-de-Agua.git> (link do repositório)

O repositório conterá:

- Código principal (ESP32)
- Modelos de dados de teste
- Documentação com as especificações do projeto

#### Vídeos demonstrativos de funcionamento

Para abertura dos vídeos, por favor utilize e-mail vinculado ao IFPB. Qualquer dúvida ou dificuldade de acesso entre em contato.

#### Protótipo Físico:

Prova de conceito:

<https://drive.google.com/file/d/1D4kT7WUdAIWsBev69BVE98oXHBmBIm7LL/view?usp=sharing>

Demonstração geral final:

<https://drive.google.com/file/d/1vcZ7bN7wFfZZGxsYtwnODN1-3yosUJO6/view?usp=sharing>

Vazamento:

[https://drive.google.com/file/d/1YLa29g9\\_HdN0zJrtAD5aSWiExZynuuVQ/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1YLa29g9_HdN0zJrtAD5aSWiExZynuuVQ/view?usp=sharing)

#### Protótipo Dashboard:

<https://drive.google.com/file/d/1hXQBGGuxG6b9WQMCNsW9GLbLVzai8XTH/view?usp=sharing>