



**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	Leitura de sensores de vazão	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	Cálculo de volume consumido	O sistema deve converter a vazão medida em volume acumulado (litros) e registrar o consumo individual e total.	Implementado.
RF03	Comparação entre entrada e saída de água	O sistema deve comparar o volume de entrada com o volume total consumido, identificando diferenças que possam indicar vazamentos ou perdas.	Implementado.
RF04	Registro de dados em tempo real	O sistema deve armazenar as leituras de vazão e volume em intervalos regulares, permitindo análise temporal do consumo.	Implementado.
RF05	Exibição das informações coletadas	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	Geração de alertas de anomalia	O sistema deve emitir alertas visuais ou textuais quando for detectada uma discrepância significativa entre entrada e consumo (possível vazamento).	Implementado.
RF07	Análise preditiva de consumo	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	Geração de recomendações	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	Reset e reinicialização de dados	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.

Requisitos Não Funcionais			
Código	Requisito Não Funcional	Descrição	Situação

RNF01	Precisão das medições	O sistema deve garantir precisão mínima 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	Tempo de resposta	O sistema deve atualizar as medições em intervalos inferiores a 2 segundos, assegurando leitura quase em tempo real.	Implementado. Verificar vídeo demonstrativo.
RNF03	Confiabilidade operacional	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	Usabilidade	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	Eficiência energética	O consumo elétrico total do sistema deve ser compatível com o uso contínuo em ambiente doméstico (< 5 W).	Implementado.
RNF06	Modularidade	O sistema deve permitir a substituição ou adição de sensores sem necessidade de grandes alterações no código principal.	Implementado.
RNF07	Manutenibilidade	O código-fonte deve ser documentado e organizado para permitir futuras modificações e expansão das funcionalidades.	Implementado.

RNF08	Escalabilidade experimental	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

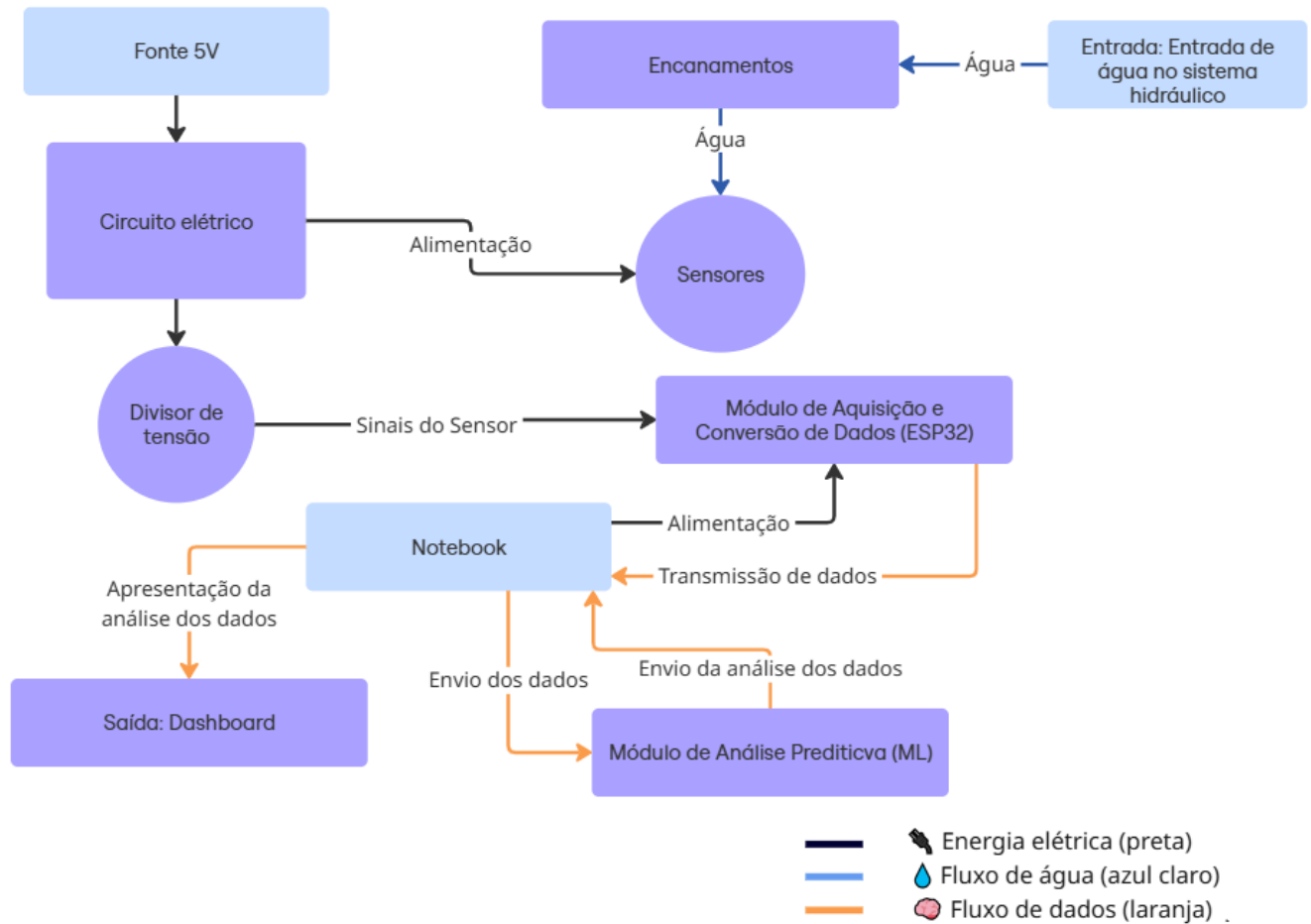
4.1 Diagrama de Blocos

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

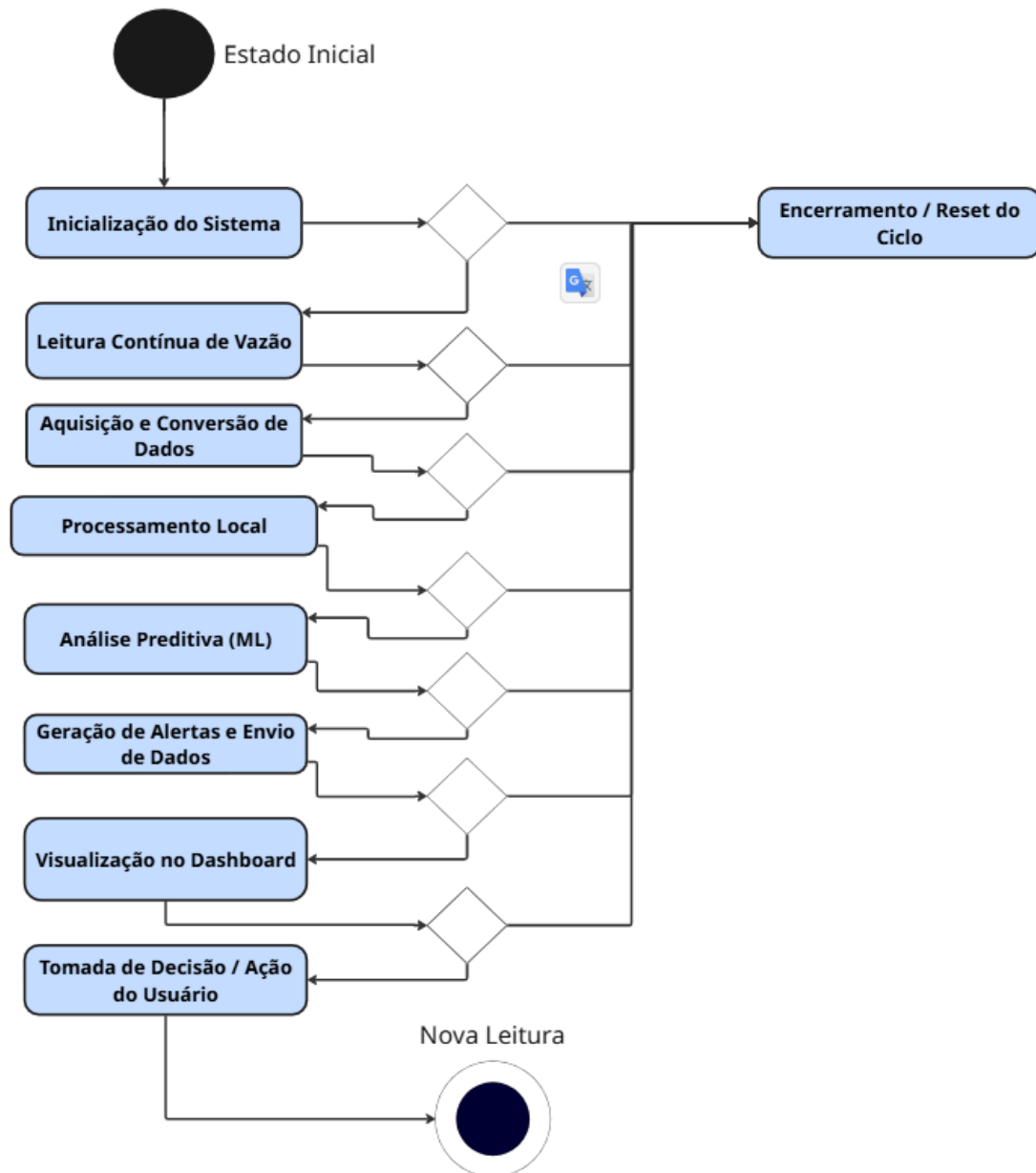


Tabela de descrição do Diagrama de Atividades

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.

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

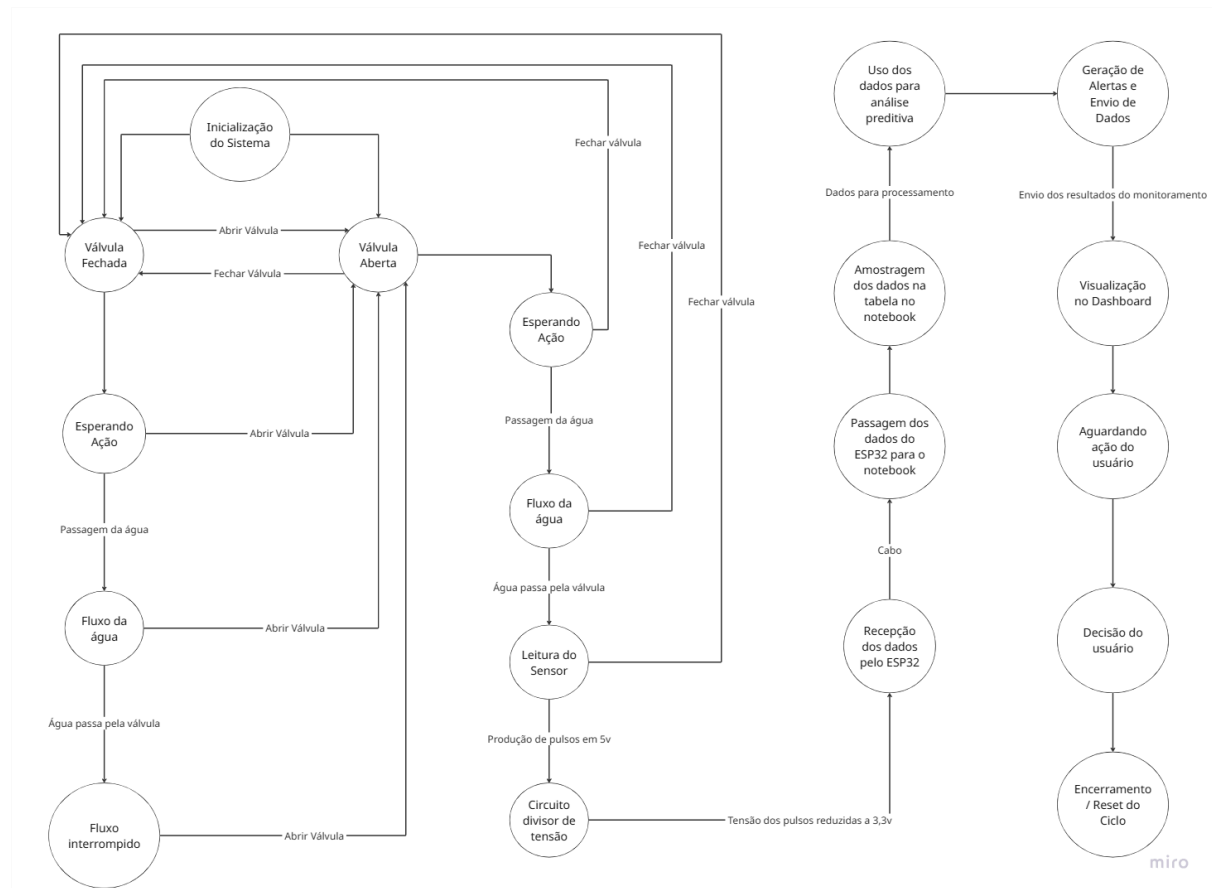
Elemento do Diagrama de Blocos	Função / Papel no Ciclo de Estados
Fonte 5V / Circuito elétrico / Divisor de tensão	Atuam na Inicialização do Sistema , fornecendo energia e adaptando o sinal dos sensores.
Sensores de Vazão	Entram em ação no estado Leitura Contínua , convertendo vazão física em pulsos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

Módulo de Aquisição e Conversão (ESP32)	Responsável pelos estados Aquisição, Conversão de Dados e Processamento Local .
Módulo de Análise Preditiva (ML)	Atua no estado Análise Preditiva , aplicando algoritmos para gerar previsões.
Notebook e Dashboard	Representam o estado Visualização / Saída , exibindo resultados e gráficos.
Usuário	Surge no estado Tomada de Decisão , 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
Inicialização do Sistema	Vazia	Válvula Fechada	O ponto de partida, onde o sistema é ligado e configurado.
Inicialização do Sistema	Vazia	Válvula Aberta	O ponto de partida, onde o sistema é ligado e configurado.
Válvula Fechada	Abrir Válvula	Válvula Aberta	Fluxo de água bloqueado. Transiciona para a abertura

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

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

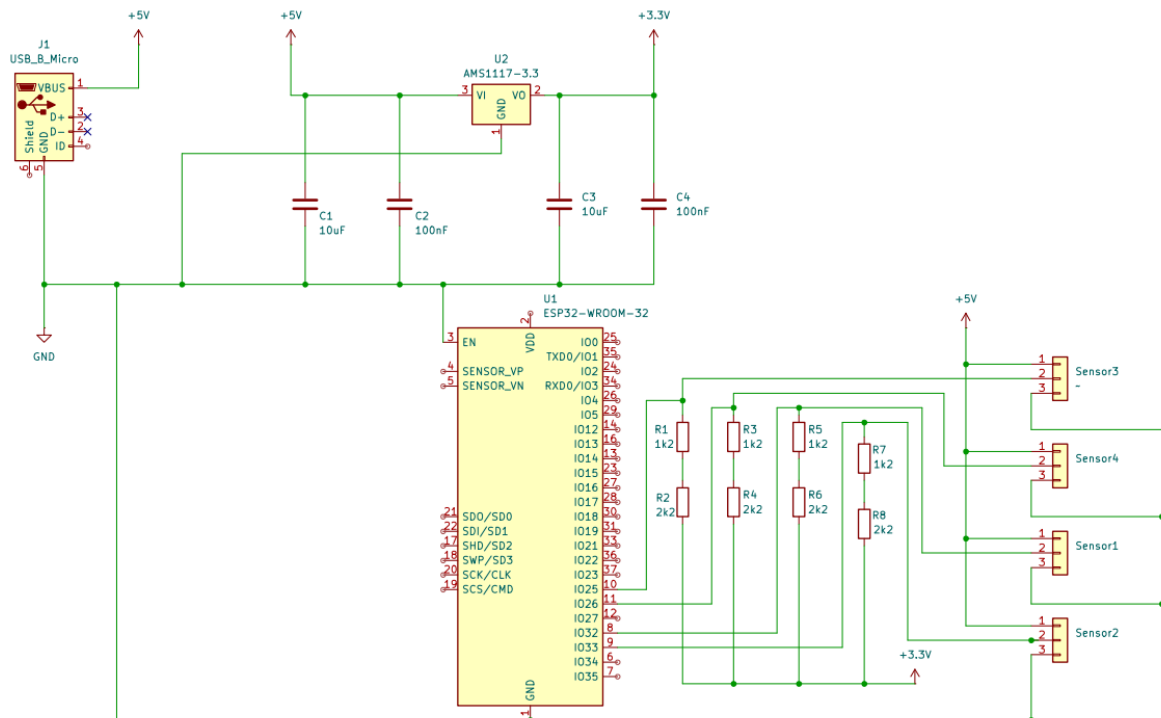
Uso dos dados para análise preditiva	Vazia	Geração de Alertas e Envio de Dados	Módulo processa dados para previsões. O resultado é a geração de alertas e envio de dados.
Geração de Alertas e Envio de Dados	Vazia	Visualização no Dashboard	Alertas e dados são gerados. São enviados para exibição no dashboard.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

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

Fonte 5V/ Circuito elétrico	Fornecem a energia para a "Inicialização do Sistema" e todos os estados subsequentes.
Sensores	Corresponde diretamente ao estado "Leitura do Sensor" , que é ativado pela "Passagem da água" e produz os pulsos de 5V.
Divisor de tensão	É representado pelo estado "Circuito divisor de tensão" , responsável por converter os pulsos de 5V para 3.3V.
Módulo de Aquisição e Conversão (ESP32)	Corresponde aos estados "Recepção dos dados pelo ESP32" e "Passagem dos dados do ESP32 para o notebook".
Módulo de Análise Preditiva (ML)	É representado pelo estado "Uso dos dados para análise preditiva" , que processa os dados e leva à "Geração de Alertas".
Notebook	Atua como o ambiente de execução para vários estados: "Amostragem dos dados..." , "Uso dos dados para análise preditiva" e "Visualização no Dashboard".
Saída: Dashboard	Corresponde ao estado "Visualização no Dashboard", que é a interface final para o usuário.
Usuário (Mencionado na p. 14)	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 μ F (C1) para "bulk" e cerâmico de 100nF (C2) para altas frequências.
 - **Saída (3.3V):** Capacitor eletrolítico de 10 μ 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:

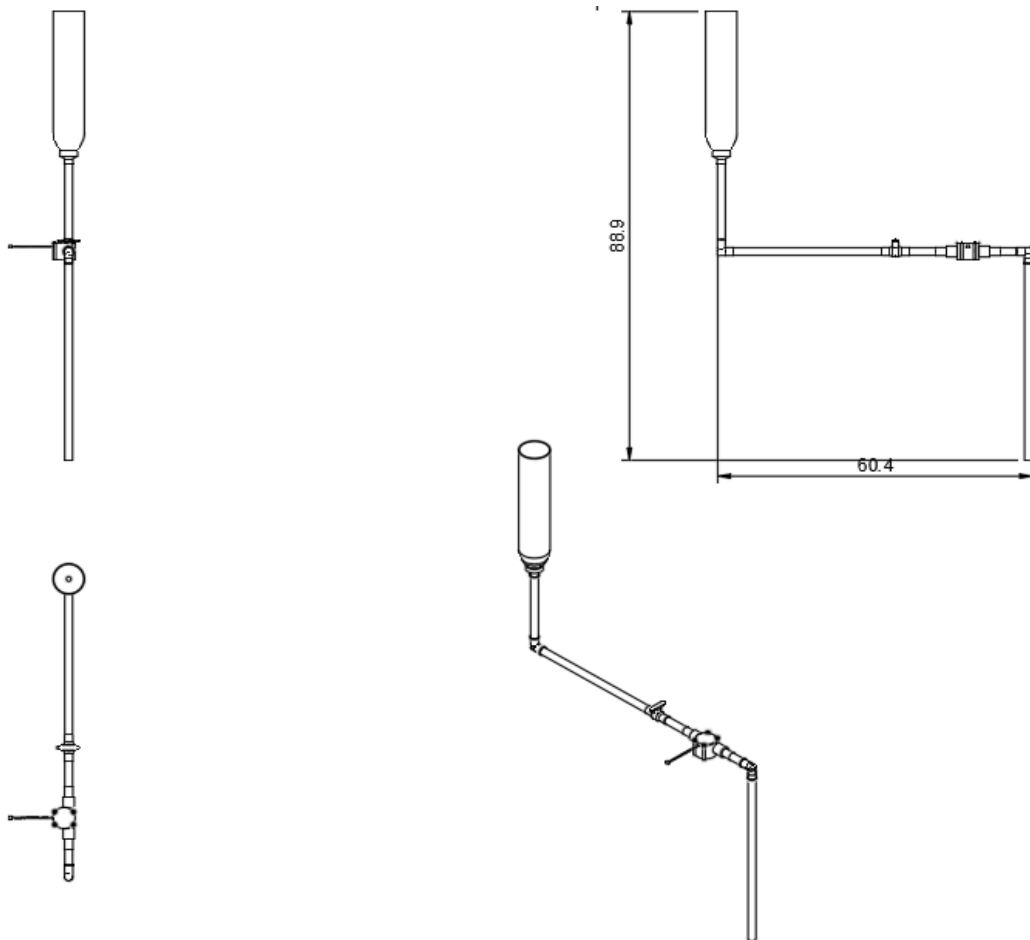
- Esquema hidráulico simplificado do sistema de medição (entrada, ramais e sensores).

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.

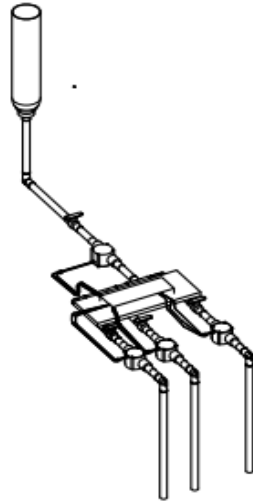
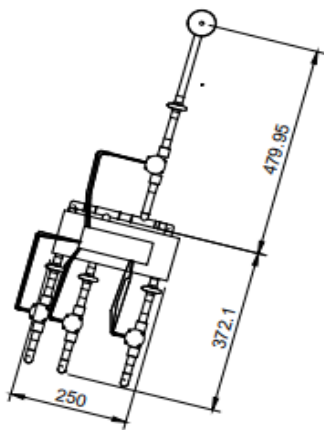
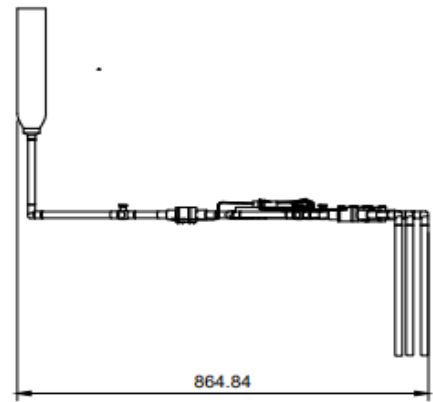
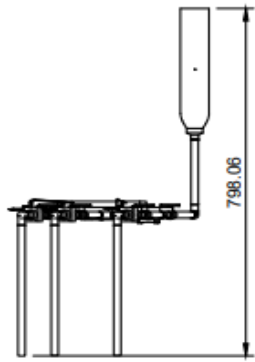




Foto 1: Protótipo do sistema de vazão montado (Prova de conceito).



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

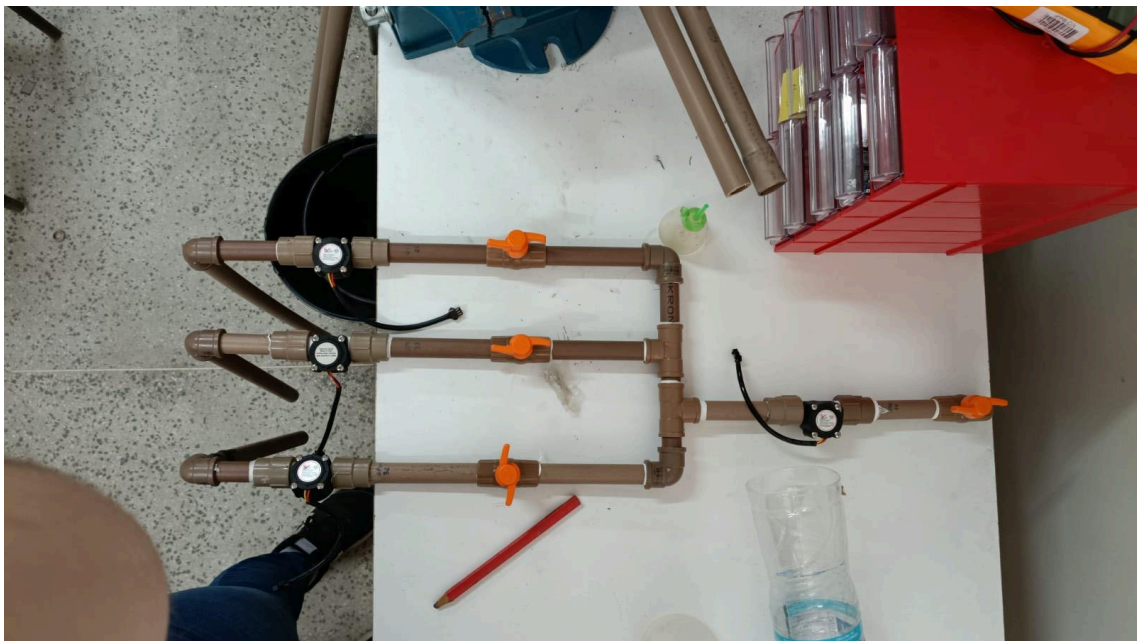
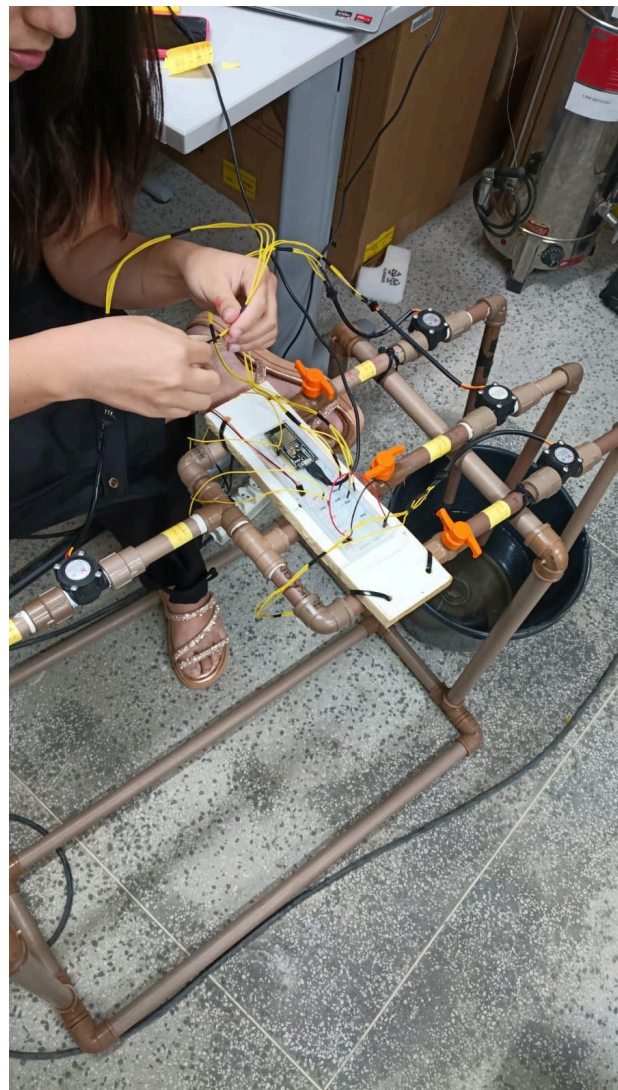


Foto 3: Protótipo do sistema de vazão montado com adição de mais sensores nos ramais.



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 **1.2k Ω** .
 - Este resistor protege o pino de entrada do microcontrolador.
- **Conexão ao ESP32:** A outra ponta do resistor de 1.2k Ω deve ser conectada, via jumper, ao pino de leitura do **ESP32** (pinos definidos na etapa 4).
- **Resistor de Pull-Up:** Conecte um resistor de **2.2k Ω** entre a linha de sinal (após o resistor de 1.2k Ω 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	https://www.mercadolivre.com.br/placa-esp32-pino-soldado-wifi-bluetooth-com-esp32wroom32/up/MLBU755682304?pdp_filters=item_id:MLB2860521829&matt_to:ol=76467042&matt_internal_campaign_id=352567815&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=22060114741&matt_ad_group_id=179768890499&matt_match_type=&matt_network=g&matt_device=c&matt_creative=752099105674&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=pla&matt_merchant_id=549605439&matt_product_id=MLB2860521829&matt_product_partition_id=2419768794189&matt_target_id=pla-2419768794189&cq_src=google_ads&cq_cmp=22060114741&cq_net=g&cq_plt=gp&cq_med=pla&gad_source=1&gad_campaignid=22060114741&gbraid=0AAAD93qcBYs1Ddt5bF57rMwVPccGobJ&gclid=Cj0KCQiAxonKBhC1ARIsAIHqItseGXbzfueb3t5akeNyEX8DIOJXZIpIlexiTimJEpXtlHODzqFdjEaAkdXEALw_wcB
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 soldáveis e 20 mm	8		Aquisição própria	R\$ 1,25	R\$ 10,00	Lojista de Campina Grande
Ts soldáveis 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	Vedação dos canos	Aquisição própria	R\$ 4,00	R\$ 4,00	Lojista de Campina Grande
Protoboar d	1	Montagem de testes	Lab Assert - Prof Moacyr	R\$16,50	R\$16,50	https://www.mercadolivre.com.br/protoboard-830-pontos-breadboard-830-furos-arduino/p/MLB28453899?pdp_filters=item_id%3A5067371316&from=gshop&matt_tool=78063701&matt_internal_campaign_id=&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=22127124182&matt_ad_group_id=173399231933&matt_match_type=&matt_network=g&matt_device=c&matt_creative=729051405552&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=pla&matt_merchant_id=735128761&matt_product_id=MLB28453899-product&matt_product_partition_id=2375096926042&matt_target_id=pla-2375096926042&cq_source=google_ads&cq_cmp=22127124182&cq_net=g&cq_plt=gp&cq_med=pla&gad_source=1&gad_campaignid=22127124182&gbraid=0AAAAAD93qcBr_IYCO0rkbyyhFd1z5pVAT&gclid=Cj0KCQiAxonKBhC1ARIsAHq_lqtYz6CPIevO0qYEmFm5lySXO5wP5clHESBcXoIL9ShdXc4LcVRVMaAtJWEALw_wcB
Jumpers	1 kit	Conexões elétricas	Lab Assert - Prof Moacyr	~R\$13,50	~R\$13,50	https://www.mercadolivre.com.br/jumper-fio-40pcs-de-20cm-machofmea-para-arduino/p/MLB35869538?pdp_filters=item_id%3A4750584&from=gshop&matt_tool=78063701&matt_internal_campaign_id=&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=22127124182&matt_ad_group_id=173399231933&matt_match_type=&matt_network=g&matt_device=c&matt_creative=729051405552&matt

						keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=pla&matt_merchant_id=735098639&matt_product_id=MLB35869538-product&matt_product_partition_id=2375096926042&matt_target_id=pla-2375096926042&cq_src=google_ads&cq_cmp=22127124182&cq_net=g&cq_plt=gp&cq_med=pla&gad_source=4&gad_campaignid=22127124182&gbraid=0AAAAAD93qcAjkTb6wevvBR4AAFVq3RDL&gclid=Cj0KCOiAxonKBhC1ARIsAIHqLs9A3D_IHmSHzxeq5Nc9rWzAHETF5wSbsyga_do8AGm_P7qsMv9T04aAr8sEALw_wcB
Resistores 2k2Ω / 1k2Ω	4 kits	Ajustes e proteção	Lab Assert - Prof Moacyr	~R\$10,00	~R\$10,00	https://www.mercadolivre.com.br/kit-10-x-resistor-22kohm-14w-1-projeto-arduino-raspberry/up/MLBU1754411567?pdp_filters=item_id:MLB937733782&matt_tool=19390443&matt_internal_campaign_id=&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=22090354205&matt_ad_group_id=173090538676&matt_match_type=&matt_network=g&matt_device=c&matt_creative=727882727907&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=pla&matt_merchant_id=548401642&matt_product_id=MLB937733782&matt_product_partition_id=2389865440548&matt_target_id=pla-2389865440548&cq_src=google_ads&cq_cmp=22090354205&cq_net=g&cq_plt=gp&cq_med=pla&gad_source=1&gad_campaignid=22090354205&gbraid=0AAAAAD93qcCwBfgLnu5FCglzqvgvM_ccT&gclid=Cj0KCOiAxonKBhC1ARIsAIHqLtib6PHLI6UFPPK24QNsYayM6oNX039jfYvy3U8EgvxYmRquTWzLMoaAsCdEALw_wcB
Fonte 5V 2A	1	Alimentação do sistema	Lab Assert - Prof Moacyr	R\$ 20,79	R\$ 20,79	https://www.mercadolivre.com.br/fonte-de-alimentacao-5v-2a-bivolt-110220v-p4-estabilizada/up/MLBU3044502564?pdp_filters=item_id:MLB3989352319&matt_tool=13603343&matt_internal_campaign_id=349692723&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_i

						d=22060114741&matt_ad_group_id=189327718011&matt_match_type=&matt_network=g&matt_device=c&matt_creative=768467868698&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=pla&matt_merchant_id=5438455699&matt_product_id=MLB3989352319&matt_product_partition_id=2436695918784&matt_target_id=pla-2436695918784&cq_src=google_ads&cq_cmp=22060114741&cq_net=g&cq_plt=gp&cq_med=pla&gad_source=1&gad_campaignid=22060114741&gbraid=0AAAAAD93qcBYs1Ddt5bF57rMwVPccGobJ&gclid=Cj0KCOiAxonKBhC1ARIsAlHq_lvwz6Txshnbg0koCKLesPtWL59OThAD5DZRzyGGjZQmzx9B1M3EaAo3-EALw_wcB
Notebook	1	Exibição local dos dados	Aquisição própria	-----	-----	-----
VALOR TOTAL						~R\$ 349,20

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	
— 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 R².
- 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.

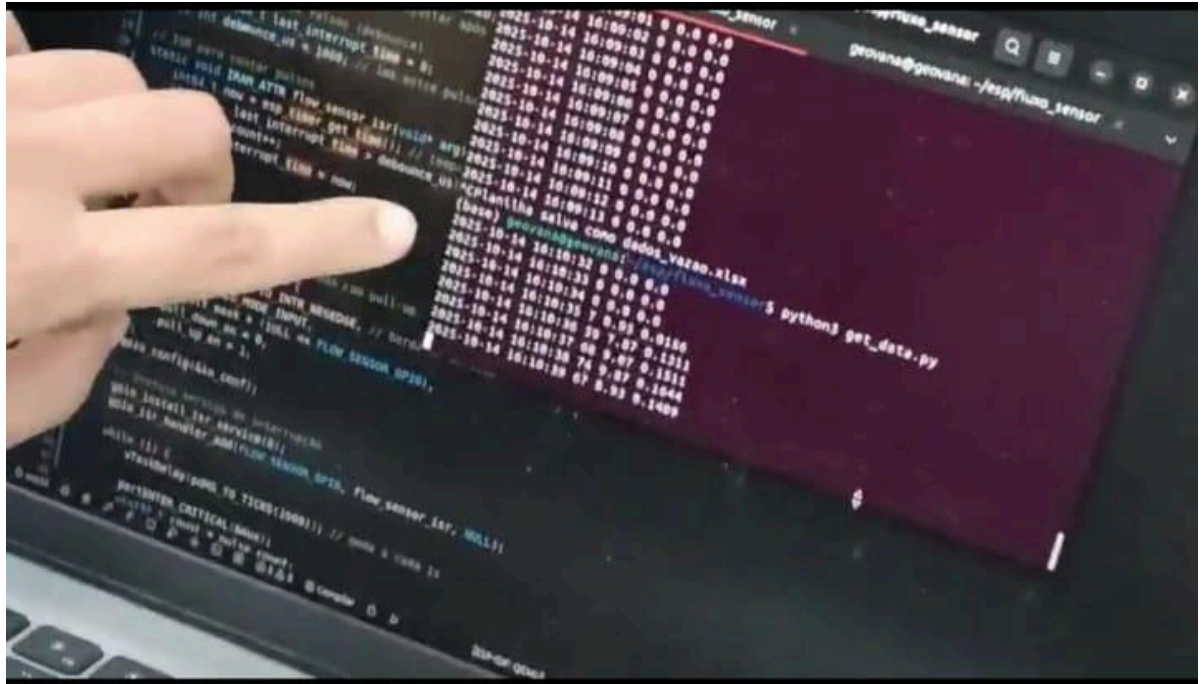


Foto 3: Demonstração da captação e contagem de pulsos no notebook.

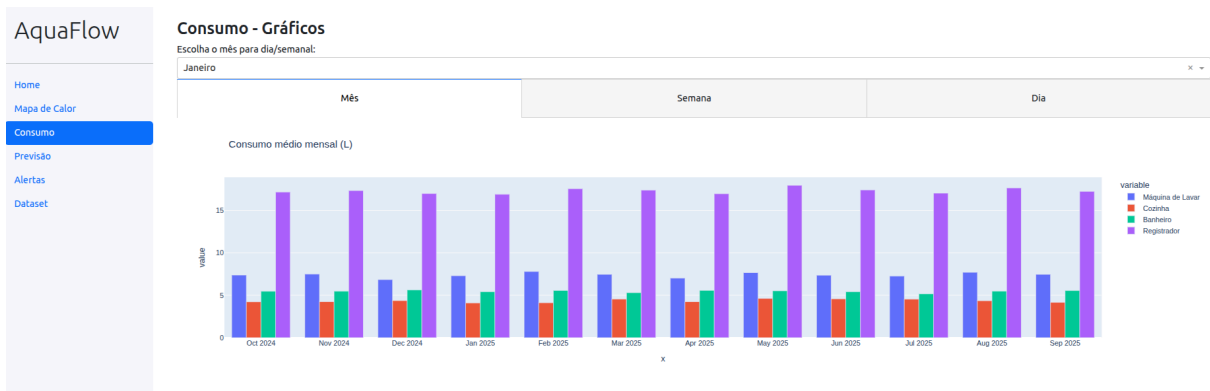
7.7 Dashboard

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.

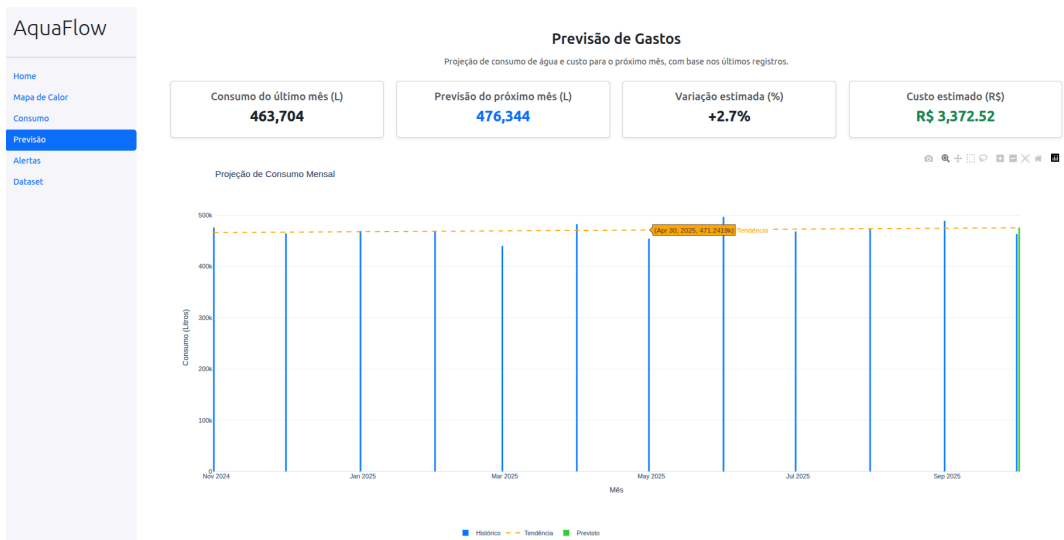
Tela de Configuração

Gráficos de Consumo



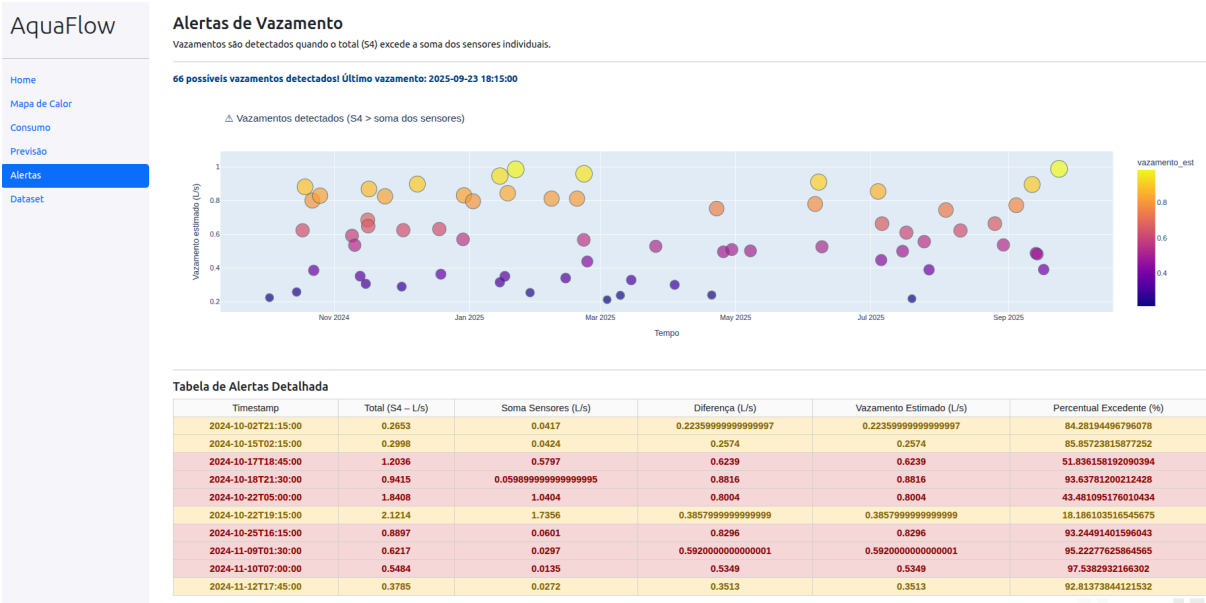
- **Tela de Predição:** realiza projeções de gastos futuros, auxiliando no planejamento e controle do consumo de água.

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

Home

Mapa de Calor

Consumo

Previsão

Alertas

Dataset

Dataset Completo

Timestamp	Pulsos	Vazão (L/min)	S1 - Vazão (L/s)	S2 - Vazão (L/s)	S3 - Vazão (L/s)	S4 - 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/1D4kT7WUdAIWsBev69BVE98oXHBmBlm7LL/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

Protótipo Dashboard:

<https://drive.google.com/file/d/1hXQBGguxG6b9WQMCNsW9GLbLVzai8XTH/view?usp=sharing>