



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA
INFORMÁTICA PÓS - LABORAL

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE MONITORIA DA QUALIDADE DA
ÁGUA POTÁVEL COM BASE EM INTERNET OF THINGS (IOT)**

CASO DE ESTUDO: Provedor Águas Nhanombe

Cuambe, Cilicio Carlos Isaías

Supervisor

Eng. Ruben Manhiça

Maputo, Novembro de 2023



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA
INFORMÁTICA PÓS - LABORAL

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE MONITORIA DA QUALIDADE DA
ÁGUA POTÁVEL COM BASE EM INTERNET OF THINGS (IOT)**

CASO DE ESTUDO: Provedor Águas Nhanombe

Cuambe, Cilicio Carlos Isaías

Supervisor

Eng. Ruben Manhiça

Maputo, Novembro de 2023



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DO TRABALHO DE LICENCIATURA

Declaro que o Estudante Cilicio Carlos Isaías Cuambe entregou no dia __/__/2023 as __ copias do seu Trabalho de Licenciatura com referência: intitulado: **DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE MONITORIA DA QUALIDADE DA ÁGUA POTÁVEL COM BASE EM INTERNET OF THINGS (IOT). CASO DE ESTUDO: PROVEDOR ÁGUAS NHANOMBE**

Maputo, Novembro de 2023

O Chefe da Secretaria

Dedicatórias

Dedico este trabalho com profundo agradecimento às pessoas especiais que desempenharam papéis fundamentais na minha jornada acadêmica e pessoal.

À minha irmã, Florinda Marta Isaias Cuambe, expresso minha gratidão pela dedicação incansável e por abicar dos seus próprios projetos e sonhos, garantindo que os custos financeiros associados à minha formação fossem cobertos ao longo de toda a trajetória. Sua generosidade e apoio foram essenciais para o meu sucesso.

À minha mãe, Marta Celestina Ernesto, expresso meu amor e apreço pela orientação constante e pelo suporte incondicional. Seu amor e educação moldaram a pessoa que sou hoje.

À minha avó, Celestina Mahane (em memória), dedico uma lembrança especial. Seu amor, apoio moral e ensinamentos deixaram uma marca indelével em minha vida. Lembro-me com carinho do seu desejo de me ver formado como engenheiro, um sonho que carrego como parte do meu percurso acadêmico.

A todos vocês, dedico este trabalho de coração aberto. Obrigado por serem fontes inesgotáveis de inspiração e apoio ao longo desta jornada.

Agradecimentos

Agradeço a Deus Pai Todo-Poderoso, por conceder-me a vida e a bênção de chegar até aqui, alcançando a realização deste trabalho.

Expresso minha gratidão ao Engenheiro Ruben Manhiça pela atenção cuidadosa, paciência e profissionalismo ao supervisionar este trabalho desde a escolha e avaliação do tema. Seu conhecimento transmitido durante as aulas foi fundamental para o desenvolvimento deste projeto.

À Celeste da Gloria, agradeço pelo companheirismo e amor ao longo do meu percurso acadêmico e no dia a dia, além do apoio durante o desenvolvimento deste trabalho.

A Isaias José Cuambe pai, que embora todas adversidades da vida, procurou sempre transmitir o apoio para a realização deste trabalho e o amor de pai.

Um agradecimento especial vai para meus irmãos, Celestina da Nelpa, Florinda Cuambe, Maura de Lurdes e Loudina Eduardo, por sempre acreditarem em mim.

Aos meus amigos Geraldo do Carmo, Eric Africano, Mario Tomas, Lenarte Francisco, Custodio Lopes, Issaque Baloi, agradeço pelo apoio, compartilhamento de desafios e ajuda na busca de soluções para as diversas adversidades.

A todos os colegas da Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane que contribuíram direta e indiretamente para este sucesso, especialmente ao Anselmo Matavel, Abubacar Massuque, Hermenegildo Cumbana, Germildo Silva e Natividade Langa, pela amizade e ajuda incondicional em qualquer situação acadêmica e pessoal.

Agradeço à minha família pelo carinho, atenção e apoio ao longo de toda a minha vida. Cada membro desempenhou um papel crucial, e sua presença fez toda a diferença.

Agradeço a mim por acreditar em meu potencial, por trabalhar incansavelmente durante esta jornada e por nunca desistir, mesmo diante dos desafios. Este trabalho não é apenas um marco acadêmico, mas uma prova de perseverança, apoio mútuo e determinação.

Às amigas verdadeiras e à orientação profissional, deixo meu sincero agradecimento. Este é apenas o começo de uma jornada que envolveu muitos, e olho

para o futuro com gratidão e otimismo. Cada palavra escrita é um tributo a todos que contribuíram para este sucesso.

Resumo

A água é um elemento essencial para a vida em nosso planeta, exigindo iniciativas globais e tecnologias inovadoras para preservar esse recurso precioso e transformar a água disponível em água potável. Este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema de automação inteligente para monitorar a qualidade da água potável, utilizando a Internet das Coisas (IoT).

Inicialmente, realizou-se uma análise dos dados necessários para implementar um sistema de monitoramento da qualidade da água já existente, seguida pela construção de um sistema baseado em IoT. As vantagens desse sistema incluem a detecção precoce de problemas, redução de custos, melhoria na qualidade da água, aumento da eficiência operacional e aprimoramento na tomada de decisões.

O protótipo funcional foi concebido e testado, revelando que a integração cuidadosa de sensores em tempo real e testes abrangentes foram fundamentais para garantir a coesão e confiabilidade do sistema. Estratégias de integração flexíveis contribuíram para a robustez do sistema, cujo custo de implementação foi de 25,156.32 Mts, com uma amostra de 10 clientes.

Para futuras melhorias, sugere-se a adoção da tecnologia LoRaWAN para ampliar a cobertura em áreas extensas, a integração de sensores de pH e turbidez para uma avaliação mais completa, e o reforço de medidas de segurança, como criptografia TLS ou SSL, visando garantir a integridade e confidencialidade. Essas otimizações buscam aumentar a eficiência do sistema, tornando-o mais eficaz na gestão da qualidade da água.

Palavras-chave: Qualidade da Água Potável, Internet of Things (IoT), Monitoramento.

Abstract

Water is an essential element for life on our planet, requiring global initiatives and innovative technologies to preserve this precious resource and transform available water into drinking water. This work proposes the development of an intelligent automation system to monitor the quality of drinking water, using the Internet of Things (IoT).

Initially, an analysis of the data required to implement an existing water quality monitoring system was carried out, followed by the construction of an IoT-based system. The advantages of this system include early detection of problems, cost savings, improved water quality, increased operational efficiency and improved decision-making.

The functional prototype was designed and tested, revealing that careful integration of real-time sensors and comprehensive testing were key to ensuring the system's cohesion and reliability. Flexible integration strategies contributed to the robustness of the system, which cost 25,156.32 Mts to implement, with a sample of 10 clients.

For future improvements, we suggest adopting LoRaWAN technology to extend coverage over large areas, integrating pH and turbidity sensors for a more complete assessment, and reinforcing security measures such as TLS or SSL encryption to guarantee integrity and confidentiality. These optimizations aim to increase the efficiency of the system, making it more effective in water quality management.

Keywords: Drinking Water Quality, Internet of Things (IoT), Monitoring.

Índice

Agradecimentos	ii
Resumo.....	iv
Abstract.....	v
Lista de Figuras.....	ix
Lista de Tabelas.....	x
Lista de Acrónimos e abreviaturas	xi
Capítulo 1: Introdução.....	1
1.1. Contextualização.....	1
1.2. Definição do Problema	2
1.2.1 Perguntas de Pesquisa	3
1.3. Objectivos.....	3
1.3.1. Geral.....	3
1.3.2. Específicos	3
1.4. Metodologia.....	4
1.4.1. Classificação da Pesquisa	4
1.4.2 Actividades desenvolvidas para descrever como é feita actualmente a monitoria da qualidade da água nos fornecedores privados.	5
1.4.3. Actividades desenvolvidas para avaliar diferentes soluções ou modelos de sistemas baseados em IOT para a monitoria da qualidade da água;.....	5
1.4.4. Actividades desenvolvidas para conceber uma arquitetura do sistema baseado em IOT para a monitoria da qualidade da Água incluindo a componente de hardware, comunicação e alimentação elétrica do sistema.....	5
1.4.5. Actividades desenvolvidas para propor um protótipo funcional que sirva de prova de conceito do modelo proposto.....	6
1.5. Estrutura do Trabalho	8
Capítulo 2. Revisão da Literatura	9
2.1. Abastecimento de Água	9
2.1.1 Abastecimento de águas em Moçambique: contexto e elementos-chave.....	9
2.1.2. Sistema de Abastecimento de Água	11
2.1.3. Tipos de Sistemas de Abastecimento de Água.....	12
2.1.4. Composição do sistema de Abastecimento de Água do Fornecedor Privado.	12
2.1.5. Sistema de Monitoramento de Água Potável	14
2.2. Qualidade da Água Potável	16
2.2.1 Tratamento da Água Potável.....	17

2.2.2	Monitoria da qualidade da Água e parâmetros de qualidade.....	18
2.2.3	Valores recomendáveis dos parâmetros para a análise da qualidade de água potável.....	21
2.3	Internet das Coisas	22
2.3.1	Arquitetura.....	22
2.3.2	Tecnologias de Comunicação.....	23
2.3.3	Áreas de Aplicação da IoT.....	24
2.4	Sistema de Monitoria de Água Potável Baseado em IoT.....	24
2.4.1	Composição do Sistema	25
2.4.2	Comparação de Sistemas de Monitoria de Água Potável Baseados em IoT.....	25
2.5	Benefícios de um Sistema de Monitoria de Água Potável Baseado em IoT.....	26
Capítulo 3. Caso de Estudo		27
3.1	Estudo de Caso	27
3.1.1	Descrição da Empresa	27
3.1.2	Descrição do Sistema de Abastecimento de Água.....	28
3.1.3	Constrangimentos Identificados.....	28
3.1.4	Objetivos do Sistema de Monitoria de Água Potável	29
Capítulo 4. Proposta de Solução.....		29
4.1	Descrição da Proposta de Solução	30
4.1.1	Princípio de Funcionamento do Sistema.....	30
Capítulo 5. Desenvolvimento do Protótipo		31
5.1	Análise e definição de requisitos.....	31
5.1.2	Requisitos funcionais.....	32
5.1.3	Requisitos não funcionais	33
5.2	Projecto de Sistema e Software	33
5.2.1	Requisitos de Software.....	33
5.2.2	Requisitos de Hardware	34
5.2.3	Arquitetura	34
5.2.4	Modelo de Funcionamento	37
5.3	Implementação e Teste de Unidade.....	40
5.3.1	Circuito do Sistema	40
5.3.2	Instalação do Arduino IDE	41
5.3.3	Configuração do Thingspeak Server.....	41
5.3.4	Programação do Modulo ESP32 WiFi	41
5.4	Integração e teste de sistema.....	45

5.4.1 Resultados Obtidos.....	45
5.4.2. Custo De Implementação	46
5.5 Operação e Manutenção	47
5.5.1 Plano de instalação do Sistema de Monitoria da qualidade de Água Potável baseado em IOT no provedor Água Nhanombe	47
5.5.2 Plano de Manutenção Preventiva do Sistema de Monitoria da qualidade de Água Potável baseado em IOT no provedor Água Nhanombe	47
Capítulo 6. Conclusões	49
6.1 Recomendações.....	49
Bibliografia	50
Anexo1: Guião de Entrevista:.....	A
Anexo 2: Dashboard Servidor Thingspeak.....	B
Anexo 3: Código do Programa	C

Lista de Figuras

Figura 1. Composição do Sistema de Abastecimento de Água	11
Figura 2. Sistema de Abastecimento do Provedor Privado.....	14
Figura 3. Modelo esquemático do Sistema de Monitoramento da Qualidade da Água Potável da Cidade de Nova York	16
Figura 4. Diagrama da Arquitectura da IOT	23
Figura 5. Imagem do Sistema de Abastecimento Águas Nhanombe	28
Figura 6. Diagrama da Proposta de Solução	30
Figura 7. Arquitectura da Proposta de Solução.....	34
Figura 8. Sensor Analógico de TDS.....	35
Figura 9. Sensor de Temperatura à Prova d'Água DS18B20.....	36
Figura 10. Módulo WiFi ESP32	37
Figura 11. Topologia de Rede Estrela.....	38
Figura 12. Fluxograma	39
Figura 13. Diagrama de Blocos.....	40
Figura 14. Circuito do Sistema de Monitoria da qualidade de Água potável baseado em IoT.....	40
Figura 15. Configuração do Thingspeak Server.....	41
Figura 16. Instalação da Biblioteca do ESP32 WiFi	42
Figura 17. Dashboard Thingspeak Server.....	B

Lista de Tabelas

Tabela 1. Valores dos limites recomendáveis para os parâmetros para análise da qualidade da Água potável.....	21
Tabela 2. Requisitos Funcionais	32
Tabela 3. Requisitos Não Funcionais.....	33
Tabela 4. Plano Orçamental.....	46
Tabela 5. Calendário do Plano de Implementação	47
Tabela 6. Plano de Manutenção Preventiva.....	47

Lista de Acrónimos e abreviaturas

IoT: Internet of Things (Internet das Coisas);

JMP: Joint Monitoring Programme (Programa de controlo conjunto);

UNICEF: United Nations International Children's Emergency Fund (Fundo Internacional de Emergência das Nações Unidas para a Infância);

TIC: Tecnologias de Informação e Comunicação;

Mts: Metical (moeda de Moçambique);

IDE: Ambiente de Desenvolvimento Integrado;

Arduíno: Plataforma de prototipagem eletrônica;

TDS: Total Dissolved Solids (Sólidos Totais Dissolvidos);

LOLE: Lei de Ordenamento do Território e Urbanismo;

DNA: Direcção Nacional de Águas;

DPOPH: Direcção Provincial das Obras Públicas e Habitação;

DAS: Departamento de Água e Saneamento;

AIAS: Administração de Infraestruturas de Abastecimento de Água e Saneamento;

FIPAG: Fundo de Investimento de Património de Águas;

CRA: Conselho de Regulação do Abastecimento;

WHO: World Health Organization (Organização Mundial da Saúde)

INGRH: Instituto Nacional de Gestão de Recursos Hídricos

EPA: Environmental Protection Agency (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos)

DBPs: Disinfection By-Products (Subprodutos de Desinfecção)

THMs: Trihalomethanes (Trihalometanos)

HAAs: Haloacetic Acids (Ácidos Haloacéticos)

INNOQ: Instituto Nacional de Normalização e Qualidade

RFID: Radio-Frequency Identification (Identificação por Radiofrequência)

Wi-Fi: Wireless Fidelity (Fidelidade Sem Fio)

NB-IoT: Narrowband Internet of Things (Internet das Coisas de Banda Estreita)

LoRaWAN: Long Range Wide Area Network (Rede de Área Ampla de Longo Alcance)

Sigfox: Empresa de comunicação de baixa potência para a Internet das Coisas (IoT)

pH: Potencial Hidrogeniônico

NTU: Nephelometric Turbidity Units (Unidades de Turbidez Nefelométrica)

Capítulo 1: Introdução

O presente capítulo serve como o ponto de partida para a jornada que o leitor está prestes a iniciar. Neste capítulo inicial, exploraremos as bases do tema que será discutido ao longo do trabalho, estabelecendo um contexto sólido e introduzindo os principais conceitos e ideias que serão abordadas, além disso, este capítulo oferecerá uma visão geral do que o leitor pode esperar encontrar nas páginas seguintes, despertando sua curiosidade e preparando-o para as descobertas e *insights* que estão por vir.

Este é o ponto de partida que nos guiará através da narrativa e nos preparará para explorar profundamente o tópico em questão.

1.1. Contextualização

A água como temos aprendido desde os níveis mais baixos do aprendizado e em própria experiência, é um componente imprescindível para o homem, os ecossistemas e vida no geral em todo o planeta em que vivemos. Por essa razão várias várias iniciativas globais e tecnologias tem sido levada em consideração por forma a preservar este precioso líquido e bem como transformar a maior quantidade de água existente no planeta em água ideal para o consumo humano (a água potável) bem como também encontrar novas fontes para o provimento desta, visto que esta encontra – se em escassez.

A realidade em Moçambique entre 2015 e 2020 segundo o relatório da JMP (*Joint Monitoring Programme*) para o provimento de água, saneamento e higiene, este aponta que o número de pessoas com acesso a fontes de água melhorada cresceu de 51.18 por cento em 2015 a 63.37 por cento em 2020, porém existe uma disparidade acentuada entre pessoas com cobertura em zonas rurais e nas urbanas, com o número estimado de 48.87 por cento e 87.99 por cento respectivamente. (UNICEF, 2020)

Embora sejam varias medidas aplicadas com vista a suprir a necessidade ao acesso a água potável, com o rápido crescimento e desenvolvimento Urbano (surgimento de novos bairros de expansão), o sistema nacional de abastecimento de água não consegue suprir essa demanda, o que leva a cidadãos a recorrem ao abastecimento

deste liquido precioso por via de fornecedores privado (água de furos), estes tem investido esforços para o cumprimento das exigências básicas para o exercício da actividade porém os meios disponíveis não possibilitam a garantia na qualidade da água fornecida.

Nos dias de hoje, no mundo a fora tem – se recorrido a integração de tecnologias de informação e comunicação (TIC) baseado em IOT (*Internet Of Things*), em vários sectores vitais ao desenvolvimento, o que permite reduzir a complexidade em actividades e melhoria nos processos de negócios e como consequência a garantia de qualidade, redução de esforço humano e recursos materiais, gerando desta forma uma vantagem competitiva no mercado.

1.2. Definição do Problema

O fornecedores privados de Água, tem como objectivo rentabilizar o seu negocio (Abrindo mais linhas de abastecimento) e consequentemente angariar mais consumidores, o que tem se tornado a cada dia difícil visto que vários consumidores acabam rescindindo o contracto ou não aderindo a este, situação que acontece devido a mudanças na qualidade da água fornecida que advém das alterações nos lenções com o passar do tempo devido a poluição por via de agua residuais ou mudanças climáticas e dentro do sistema de abastecimento (armazenamento e condutas) que tornam esta água mais salubre não sendo desta feita ideal para o consumo. Não obstante a necessidade de garantir a competitividade no mercado devido a existência de outros operadores.

Estes operadores não possuem mecanismos de monitoria ágil (em tempo real), para verificar e monitorar estas alterações, dentro das suas centrais de abastecimento ou ao longo de todo o sistema (armazenamento e condutas), portanto, é nesse âmbito que, surge a necessidade de se reverter este cenário com base em uma solução eficiente e eficaz

Assim sendo, pretende – se desenvolver um sistema baseado em IOT para a monitoria destas alterações de qualidade da água potável com vista a amenizar os problemas identificados e atingir os objectivos por estes provedores traçados.

1.2.1 Perguntas de Pesquisa

As questões abaixo apresentadas são os elementos que nos guiaram para a elaboração do presente trabalho.

- a) De que forma o provedor da Água consegue garantir que a água que chega ao cliente possui os níveis de qualidade recomendados?
- b) Como o sistema de monitoria de qualidade da água potável baseado em IOT será eficaz no processo de garantia de qualidade a menor custo ao provedor privado de água potável Águas Nhanombe?

1.3. Objectivos

Neste capítulo, serão apresentados os objetivos que norteiam este trabalho. É fundamental estabelecer metas claras e específicas para direcionar o desenvolvimento da pesquisa, fornecendo um roteiro que orientará todas as etapas e atividades subsequentes.

1.3.1. Geral

- Propor um sistema de monitoria e análise da qualidade da Água Potável dos provedores privados, usando como caso de estudo o provedor Nhanombe.

1.3.2. Específicos

- a) Descrever como é feita actualmente a monitoria da qualidade da água nos fornecedores privados;
- b) Avaliar diferentes soluções ou modelos de sistemas baseados em IOT para a monitoria da qualidade da água;
- c) Conceber uma arquitetura do sistema baseado em IOT para a monitoria da qualidade da Água incluindo a componente de hardware, comunicação e alimentação elétrica do sistema;
- d) Propor um protótipo funcional que sirva de prova de conceito do modelo proposto.

1.4. Metodologia

1.4.1. Classificação da Pesquisa

a. Quanto a Natureza

A pesquisa é de natureza aplicada, usa-se como bases as teorias e conhecimentos aprendidos em engenharia eletrônica e informática para desenvolver um sistema para a resolução de um problema específico com aplicação prática. (Creswell, 2014)

b. Quanto a Abordagem

De ponto de vista da Abordagem a pesquisa classifica – se como sendo qualitativa, assim se classifica, visto que não são usados métodos e técnicas estatísticas, os resultados serão apresentados analisados por meios de percepções para dar resposta aos problemas de pesquisa acima apresentados. (Yin, 2014)

c. Quanto aos Objetivos

A pesquisa sobre o ponto de vista dos objetivos classifica – se como exploratória, desta forma se classifica, devido por levantamentos bibliográficos e entrevista com intervenientes com experiência sobre o problema pesquisado.

d. Quanto aos procedimentos Técnicos

Neste quesito a pesquisa classifica – se como sendo experimental, com base em um protótipo de sistema que será construído de modo experimental para a análise do comportamento de componentes de Hardware e Software as variáveis serão ajustadas por forma a verificar o funcionamento esperado. (Creswell, 2014)

e. Quanto as técnicas de coleta e análise de dados

Neste ponto a abordagem usada para a pesquisa é de natureza quantitativa, os dados foram coletados por meio de entrevista de forma híbrida (presencial e a distância) e observação com o uso de tecnologia e componentes eletrônicos para a busca dos dados experimentais. No que diz respeito a análise de dados, a pesquisa irá basear – se no método de comparação constante os novos dados coletados serão comparados com os dados previamente coletados e examinados. (Creswell, 2014)

1.4.2 Actividades desenvolvidas para descrever como é feita actualmente a monitoria da qualidade da água nos fornecedores privados.

Neste Objectivo o autor pretende descrever os componentes necessários para implementação de um sistema de monitoria de qualidade de água potável e todos intervenientes se relacionam para o funcionamento deste. Desta forma o autor se orientou nas seguintes actividades desenvolvidas:

- Revisão de Literatura sobre: Sistemas de monitoramento, Implementação de Sistemas de Monitoramento de água potável;
- Entrevistas e conversas com os fornecedores privados de água potável, por forma a recolher dados sobre como o processo de monitoria de qualidade da água é feito actualmente;
- Pesquisas a páginas Web, blogs; e
- Reuniões periódicas com o supervisor.

1.4.3. Actividades desenvolvidas para avaliar diferentes soluções ou modelos de sistemas baseados em IOT para a monitoria da qualidade da água;

Com este objectivo o autor pretende identificar as várias soluções ou modelos desenvolvidos baseados em IOT para a monitoria da qualidade de água e para isso autor desenvolveu as seguintes actividades:

- Revisão de Literatura sobre a Internet Of Things (IOT) e os ramos de aplicação, os critérios para aplicação no sistema de monitoria da qualidade da água;
- Fazer a comparação entre os sistemas de monitoria de qualidade da água existentes, com o sistema proposto e identificar as vantagens e desvantagens;
- Pesquisas a páginas Web, blogs; e
- Reuniões periódicas com o supervisor.

1.4.4. Actividades desenvolvidas para conceber uma arquitetura do sistema baseado em IOT para a monitoria da qualidade da Água incluindo a componente de hardware, comunicação e alimentação elétrica do sistema

Neste objectivo o autor pretende conceber uma arquitetura do sistema baseado em IOT para a monitoria da qualidade da água incluindo a componente de hardware,

comunicação e alimentação elétrica deste sistema, para isso o autor desenvolveu as seguintes actividades:

- Descrever os modelos e padrões de a arquitetura de sistemas de monitoria de água baseados em IOT;
- Conceber uma arquitetura de sistema de monitoria de água baseado em IOT, tendo em conta os padrões de arquitetura de sistemas recomendados, incluindo a componente de hardware, comunicação e alimentação elétrica do sistema;

1.4.5. Actividades desenvolvidas para propor um protótipo funcional que sirva de prova de conceito do modelo proposto.

Com este objectivo o autor pretende desenvolver o protótipo para o problema identificado, empregando as técnicas aprendidas em Engenharia de Softwares, de forma a garantir a qualidade do produto final, neste sentido foi empregue à metodologia de desenvolvimento de projectos em Cascata (Waterfall).

O Modelo de Desenvolvimento waterfall, referido também como modelo de ciclo de vida linear-sequencial, este modelo baseia – se no princípio em que só se passa para a fase seguinte apos terminar a anterior no desenvolvimento do projecto, este modelo compreende cinco fases ou etapas do Ciclo de Vida do Software nomeadamente:

- a. Analise e definição de requisitos:** esta fase é vital para o desenvolvimento do projecto, esta envolve a colecta de dados indispensáveis, necessários e exigências dos usuários que utilizarão o sistema. É feita a listagem e entendimento dos serviços, restrições e objectivos do sistema, o que servira de especificações deste.

Assim o autor fez uma serie de entrevista por via telefónica junto ao provedor privado de água, Águas Nhanombe e depois fez a especificações dos requisitos.

- b. Projecto de Sistema e Software:** concebe – se a arquitectura geral do sistema que compõe a identificação e a descrição da estrutura de dados, procedimentos, relacionamentos e caracterização da interface. O projecto é documentado e torna – se parte da configuração do sistema.

Para o trabalho em produção o autor agrupou os requisitos, em requisitos, de hardware e software, concebeu uma arquitetura geral do sistema, onde fez uma representação gráfica desta em blocos de funções, definindo as interações entre as diferentes partes do sistema através de relações de entrada, saída e direções do fluxo da informação.

- c. Implementação e teste de unidade:** nesta etapa, o projecto de software é concebido com recurso a um conjunto de programas, que são codificados em linguagem de máquina. O teste de cada unidade faz parte do procedimento da codificação, onde deve – se testar para saber se está cada parte a funcionar devidamente conforme o esperado pelo sistema e, então continuando com a codificação.

Deste modo o autor preparou o ambiente de implementação instalando todas as aplicações e importando as bibliotecas necessárias, desenhou o diagrama de conexão de todas unidades físicas do sistema, o Sensor Analógico TDS, o sensor de temperatura a prova DS18B20, codificou o modulo WiFi ESP32, com recurso a linguagem de programação C na IDE deste Arduíno e configurou o Servidor Thingspeak Server para o carregamento e ilustração dos resultados e montagem do protótipo.

- f. Integração e teste de sistema:** tendo todo o sistema montado e configurado, são realizados todos os testes funcionais, a fim de verificar se o sistema funciona sem erros de acordos com os requisitos levantados para o desenvolvimento deste e apos o teste este é entregue ao cliente: *neste contexto o autor realizou os testes e registou os resultados.*

- g. Operação e manutenção:** após o software ser instalado e colocado em operação, o processo de manutenção começa, o que envolve a correção de erros não detectados anteriormente e a adaptação à medida que novos requisitos são identificados. Esta manutenção reaplica cada uma das etapas do método em cascata a um software existente, ao invés de um novo.

O autor elaborou um plano de manutenção instalação e manutenção do sistema de Monitoria de Qualidade da Água Potável.

1.5. Estrutura do Trabalho

Capítulo 1: Introdução – Neste capítulo faz-se a contextualização do tema proposto, onde serão apresentados todos os objectivos que se pretendem alcançar e os motivos que levam ao seu desenvolvimento, faz-se igualmente uma breve explicação de como a Internet Of Things (IOT) pode ser aplicada na Monitoria de Qualidade.

Capítulo 2: Revisão da Literatura - Capítulo referente à apresentação de teorias e conceitos técnicos para o desenvolvimento do sistema de Monitoria de Qualidade da Água com recurso aos modelos inteligentes propostos, com a identificação e escolha dos dispositivos necessários para implementação do sistema, tendo em conta a componente de hardware e software.

Capítulo 3: Caso de estudo – Neste capítulo faz-se a descrição do local onde se vai implementar o sistema, tendo em consideração aspectos como a localização geográfica, situação atual do processo de monitoria da qualidade da Água e implicações da implementação de um sistema de Monitoria de qualidade de água potável.

Capítulo 4: Proposta de Solução – Capítulo com finalidade de fazer a descrição da proposta de solução.

Capítulo 5: Desenvolvimento – Neste capítulo faz-se a descrição do processo de desenvolvimento do sistema passo a passo, apresentado a concepção esquemática deste à técnica do mesmo e análises relevantes à concepção e montagem do protótipo, é também apresentado o funcionamento do sistema de forma detalhada.

Capítulo 6: Conclusão – Serão levantadas neste capítulo todas as concretizações com relação ao desenvolvimento do sistema, serão analisados e discutidos todos os resultados tendo como ponto focal o problema apresentado na fase introdutória e igualmente será apresentado neste capítulo as recomendações relevantes para trabalhos futuros que serão desenvolvidos com a aplicação da IOT na Monitoria de qualidade da água.

Capítulo 2. Revisão da Literatura

O Capítulo 2, intitulado "Revisão da Literatura", desempenha um papel crucial no desenvolvimento deste trabalho, fornecendo uma sólida base de conhecimento sobre o assunto em questão. Neste capítulo, são abordadas as contribuições e descobertas de estudos e pesquisas anteriores, examinando a literatura existente relacionada ao tópico. Será uma jornada pela história do campo, identificando tendências, lacunas no conhecimento e as principais teorias e abordagens que moldaram o entendimento atual.

Ao explorar a revisão da literatura, o leitor será apresentado a uma perspectiva abrangente das descobertas e debates que moldaram o campo, ajudando a contextualizar o tema e preparando o terreno para as discussões e análises subsequentes. Este capítulo é uma valiosa etapa na construção de uma base sólida de conhecimento, essencial para o desenvolvimento do argumento e da compreensão do tópico em foco ao longo deste trabalho.

2.1. Abastecimento de Água

O ser humano não consegue viver distante da água e isso ocorre desde as épocas mais remotas. Os povos primitivos utilizavam métodos simples para coletar as águas pluviais, de rios e lagos e devido a utilização moderada apenas para sobrevivência e da existência de poucas pessoas, não causavam alterações ambientais. (Terassaka & Fattori, 2014).

Com o desenvolvimento da agricultura e do desmatamento, teve início o processo de modificação dos recursos naturais como o solo e a água. Assim, as primeiras aldeias foram sendo formadas em locais propícios à plantação, criação e extração. A partir de então, o lixo e os detritos foram sendo acumulados, gerando as primeiras epidemias e com o passar do tempo, o crescimento da população e as necessidades humanas, exigia – se cada vez mais, água e facilidades de acesso às fontes. A fim de se evitar a escassez desta, principalmente em estações de seca. Assim foram desenvolvidos projetos de engenharia para condução e armazenamento de água, além de novas fontes de suprimento, inclusive no subsolo. (Terassaka & Fattori, 2014)

2.1.1 Abastecimento de águas em Moçambique: contexto e elementos-chave

O Ministério das Obras Públicas e Habitação, através da Direcção Nacional de Águas (DNA) é a instituição responsável pela gestão estratégica do sector de águas em

Moçambique, que inclui nomeadamente, o abastecimento de água e o saneamento e gestão dos recursos hídricos. A nível provincial, a responsabilidade de coordenação do sector cabe à Direcção Provincial das Obras Públicas e Habitação (DPOPH), através do Departamento de Água e Saneamento (DAS). A nível do distrito, no âmbito da implementação da LOLE, a responsabilidade pelo sector de águas cabe ao Serviço Distrital de Planeamento e Infraestruturas. (Uandela, 2016).

Segundo (Uandela, 2016), o abastecimento de água para o consumo doméstico está dividido em duas áreas principais, nomeadamente o abastecimento de água para as zonas urbanas e o abastecimento de água para as zonas rurais. O abastecimento de água urbana pode, por sua vez, ser subdividida em dois grandes grupos: os grandes sistemas urbanos e as pequenas cidades e vilas urbanas.

É da responsabilidade da Direcção Provincial das Obras Públicas e Habitação (DPOPH) a nível provincial, fazer a coordenação do abastecimento de água, através do Departamento de Águas e Saneamento (DAS). A nível do distrito, no âmbito da implementação da LOLE, a responsabilidade pelo sector de águas cabe ao Serviço Distrital de Planeamento e Infraestruturas. (Uandela, 2016).

- **Abastecimento de Água para as Zonas Urbanas**

Para o abastecimento de água às grandes cidades foi desenhado um quadro de Gestão Delegada que esta em implementação desde 1999, onde, o património necessário para o abastecimento de água, que pertence ao Fundo de Investimento de Património de Águas (FIPAG), é alugado a uma empresa privada, ou seja, a um operador, que tem um contracto de exploração e a obrigação de abastecer o consumidor, na base de um relacionamento contratual entre eles. O controlo de qualidade e fixação de tarifas é da responsabilidade do Conselho de Regulação do Abastecimento (CRA) que representa a instância reguladora da Gestão Delegada.

O quadro de gestão delegada é a base legal que viabiliza a reestruturação dos sistemas de abastecimento de água e enquadramento para a gestão delegada aos privados e cria novas entidades no sector. Este quadro tem como objectivos garantir a eficiência da gestão dos sistemas do abastecimento de água e responder às necessidades de planificação e de desenvolvimento do sector, bem como a execução dos objectivos principais definidos na Política Nacional de Águas, revista em 2007,

confirmando e reconhecendo a necessidade de ampliação desta experiência a outros sistemas.

- **Abastecimento de Água para as Rurais e Vilas**

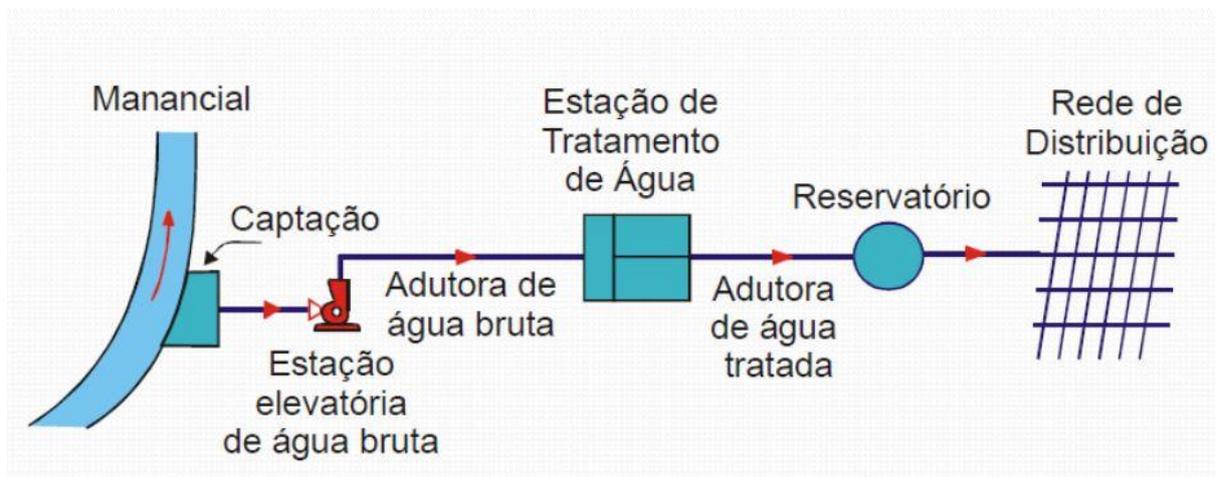
Para as zonas rurais, está em implementação o princípio de procura, uma estratégia que incentiva a participação dos beneficiários em todas as fases do processo de abastecimento de água nas comunidades, e a sua responsabilização pela operação e manutenção das fontes, condição essencial para a garantia de serviços sustentáveis.

O abastecimento de água às vilas e pequenas cidades, nomeadamente feito por pequenos Sistemas de Abastecimento de Água (PSAA) é um segmento muito importante para o sector e que tem constituído um grande desafio. No passado, a responsabilidade pelo abastecimento de água nestas vilas cabia, a nível central, ao Departamento de Água Rural. Com o processo de transformações em curso, foi criada uma entidade que se vai responsabilizar pela gestão deste segmento dos serviços, a Administração de Infraestruturas de Abastecimento de Água e Saneamento (AIAS), e que abarca também algumas pequenas cidades.

2.1.2. Sistema de Abastecimento de Água

Define – se sistema de abastecimento de água como sendo uma instalação composta por conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, com destino a produção e à distribuição canalizada de água potável para populações, sob a responsabilidade do poder publico, mesmo que em regime de concessão ou permissão seja administrada. (Magalhares, Magalhaes, & Magalhaes, 2004)

Figura 1. Composição do Sistema de Abastecimento de Água



FONTE: <https://wp.ufpel.edu.br>

A solução alternativa de abastecimento de água é toda modalidade de abastecimento coletivo que se difere do sistema de abastecimento de água, como poço comunitário, distribuição por veículos transportadores e entre outras fontes.

2.1.3. Tipos de Sistemas de Abastecimento de Água

São vários os tipos de Sistemas de Abastecimento de água que existem, sendo que a escolha para implementação depende das características geográficas, climáticas e socioeconômicas da região. Entre os vários tipos de sistemas os mais comuns são:

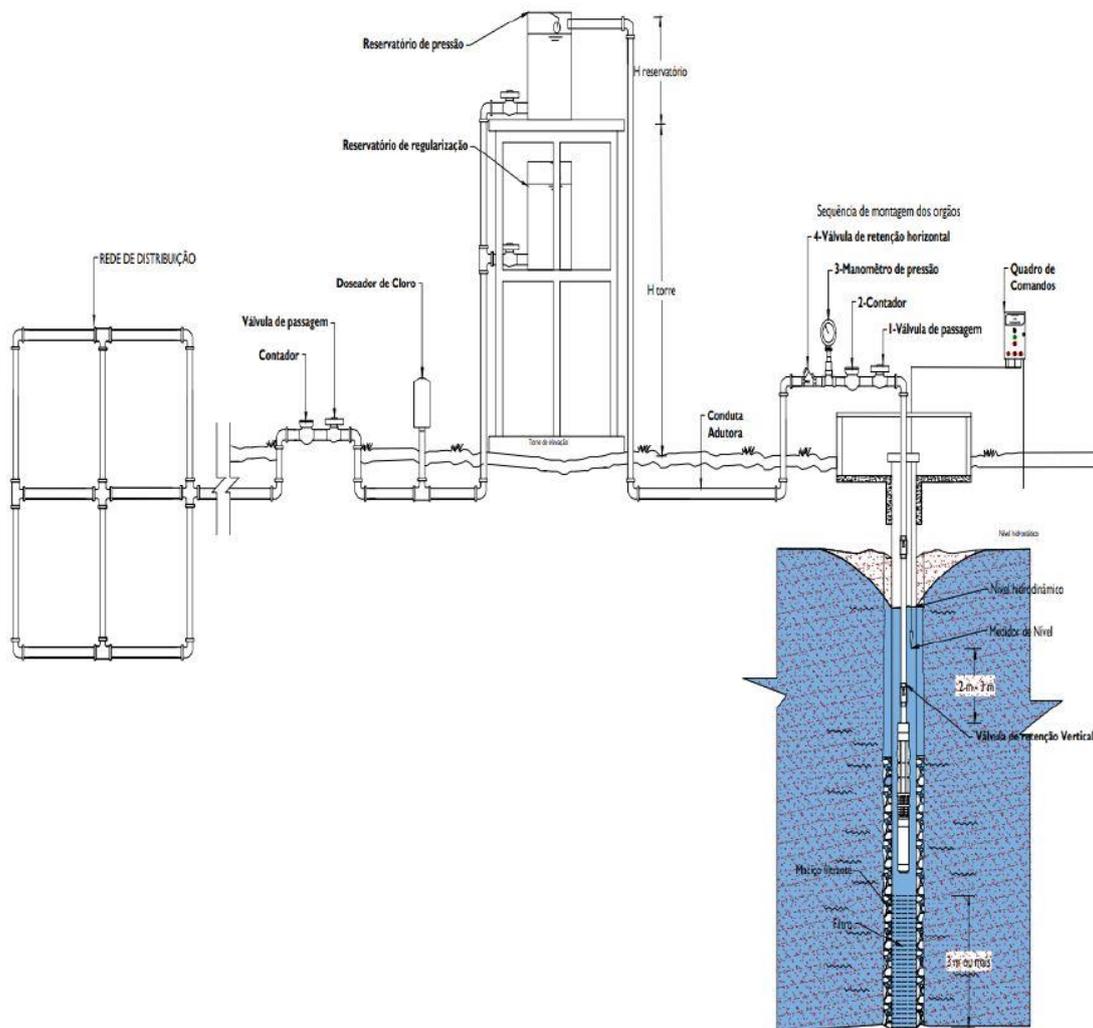
- **Sistema de abastecimento público:** concebido para fornecer a água potável para a população urbana e rural, sendo mantido pelo governo ou por empresas privadas;
- **Sistema de abastecimento Privado:** concebido para fornecer a água potável para zonas periurbanas ou bairros, que é mantido por fornecedores privados ou por condomínios;
- **Sistema de Abastecimento Coletivo:** a água é fornecida por meio de poços artesianos ou cisternas para um grupo de pessoas ou comunidade.

2.1.4. Composição do sistema de Abastecimento de Água do Fornecedor Privado.

Os sistemas de Abastecimento de Água dos fornecedores privados possuem em sua instalação um conjunto isolado de infraestruturas, que comportam, furos, tratamento, armazenamento e uma rede de distribuição da água, tendo em conta a sua dimensão e complexidade tem na sua composição as seguintes unidades abaixo:

- **Captação** – Geralmente subterrânea, com recurso a um furo ou vários furos compostos cada um deles por um conjunto de electrobombas submersíveis.
- **Adução** – O transporte de água da captação ao tratamento ou da água tratada ao sistema de distribuição, composta geralmente por uma tubagem flexível.
- **Reservatório** - consiste em uma estrutura de elevação e suporte em betão armado ou metálica que sustenta depósitos plásticos.
- **Tratamento** – com recurso a um doseador de cloro que faz directamente a dosagem para a tubagem de saída do depósito elevado até a rede de distribuição ou pela adição manual do cloro nos depósitos elevados.
- **Rede de distribuição** – consiste no sistema de tubagem (ligação primária e ramais de ligações) e acessórios instalados para alimentar os consumidores na maior parte por ligações domésticas.

Figura 2. Sistema de Abastecimento do Provedor Privado.



FONTE: WASH-FIN

2.1.5. Sistema de Monitoramento de Água Potável

O sistema de monitoramento de água potável é uma ferramenta importante para garantir a qualidade da água que é distribuída para a população. Ele consiste em um conjunto de tecnologias e dispositivos que permitem a coleta, análise e interpretação de dados relacionados à qualidade da água em tempo real. (WHO, 2011)

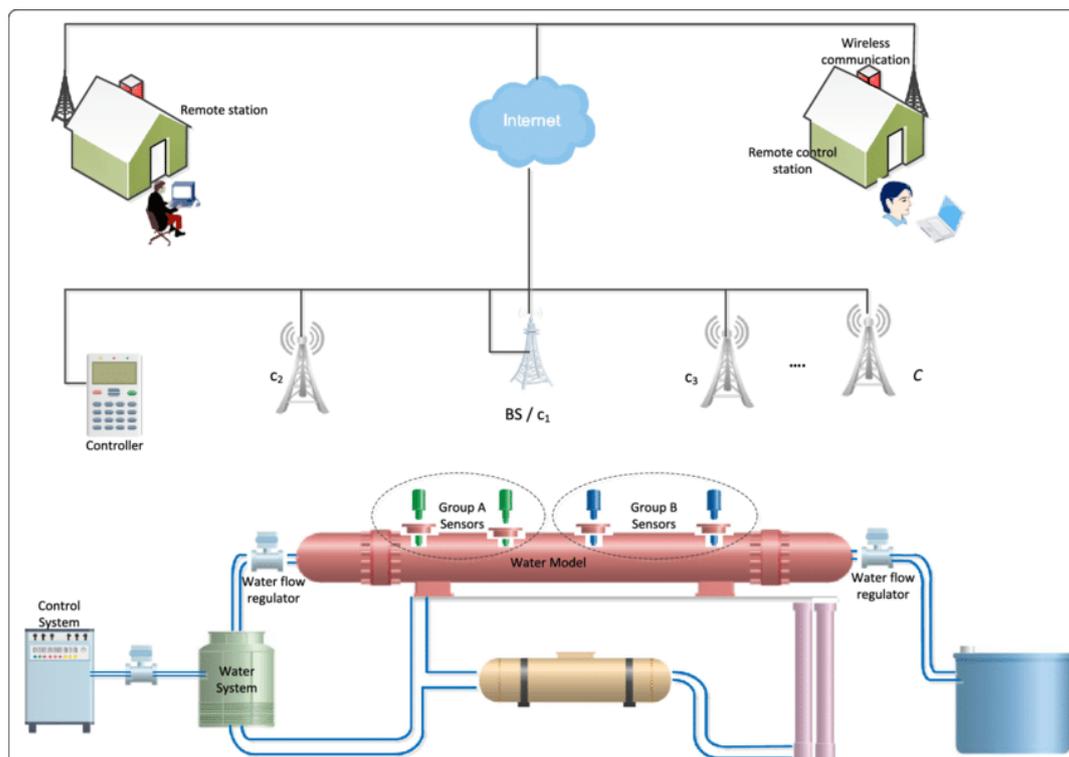
Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a água potável deve atender a uma série de requisitos de qualidade para garantir a segurança e a saúde das pessoas. Entre os parâmetros que devem ser monitorados estão a presença de microrganismos patogênicos, substâncias químicas nocivas e outros contaminantes que possam afetar a saúde humana.

O sistema de monitoramento de água potável é responsável por detectar esses agentes nocivos e fornecer informações precisas e confiáveis sobre a qualidade da água em tempo real. Essas informações são usadas para tomar decisões importantes sobre o tratamento da água e a distribuição para a população.

Existem diferentes tipos de tecnologias que podem ser usadas em um sistema de monitoramento de água potável, incluindo sensores de qualidade da água, equipamentos de análise química e biológica, e dispositivos de monitoramento remoto. Essas tecnologias permitem a coleta de dados sobre diversos parâmetros, como pH, cloro residual, turbidez, condutividade, temperatura e outros.

Um exemplo de sistema de monitoramento de água potável é o utilizado na cidade de Nova York, nos Estados Unidos. O sistema utiliza um conjunto de sensores e dispositivos de monitoramento remoto para coletar dados sobre a qualidade da água em diferentes pontos do sistema de distribuição. Esses dados são enviados para um centro de controle onde são analisados e interpretados por uma equipe de especialistas. Com base nessas informações, são tomadas decisões importantes sobre o tratamento e a distribuição da água.

Figura 3. Modelo esquemático do Sistema de Monitoramento da Qualidade da Água Potável da Cidade de Nova York



FONTE: <https://www.researchgate.net>

2.2. Qualidade da Água Potável

A água potável é essencial para a saúde e bem-estar do ser humano e a sua qualidade é influenciada por diversos fatores, como a contaminação por micro-organismos patogênicos, substâncias químicas tóxicas, metais pesados, entre outros, incluindo a sua origem, tratamento e distribuição (WHO, 2011)

A qualidade das águas subterrâneas é dada, a princípio, pela dissolução dos minerais presentes nas rochas que constituem os aquíferos¹. Porém, esta pode sofrer a influencia de outros factores como, a composição da água de recarga, tempo de contacto da água ou meio físico, clima e bem como a poluição causada pelas actividade humanas (CAPUCCI, MARTINS, MANSUR, & MONSORES, 2001).

Tomando em conta a composição e as características organolépticas², a água quando se pode ser consumida pelo ser humano sem pôr em perigo a sua saúde, é classificada como sendo potável, ou seja, deve ser incolor, inodora, de bom sabor e

¹ Reservatório subterrâneo de água

² Propriedades sensoriais dos alimentos e bebidas que podem ser percebidas pelos sentidos humanos, como o gosto, o olfato, a visão, o tato e, em alguns casos, a audição.

livre de impurezas que provocam doenças e não ter propriedades nocivas a saúde. (INGRH, 1997).

2.2.1 Tratamento da Água Potável

O tratamento da água potável é um processo que envolve várias etapas para garantir que a água seja segura para consumo humano. O processo de tratamento geralmente começa com a captação da água de uma fonte, como um rio ou lago, seguido de processos físicos, químicos e biológicos para remover partículas, bactérias, vírus e outros contaminantes. Entre os processos comuns utilizados no tratamento da água potável estão:

- **A coagulação** – consiste na adição de produtos químicos, como sulfato de alumínio, que ajudam a aglomerar as partículas suspensas na água, tornando-as maiores e mais fáceis de remover;
- **Floculação** - consiste na agitação da água para que as partículas aglomeradas formem flocos maiores que possam ser removidos mais facilmente;
- **Decantação** - processo em que os flocos formados se sedimentam no fundo do tanque, enquanto a água limpa é transferida para a próxima etapa;
- **Filtração** - processo em que a água é passada através de um meio filtrante, como areia ou carvão ativado, para remover partículas suspensas restantes;
- **Desinfecção** - é geralmente realizada com cloro, ozônio ou radiação ultravioleta para eliminar micro-organismos patogênicos e prevenir a transmissão de doenças infecciosas pela água;
- **Correção de pH** - é importante para garantir que a água esteja na faixa ideal de pH para consumo humano.

O uso de cloro no tratamento de água potável é uma prática estabelecida em todo o mundo, mas a formação de subprodutos de desinfecção (DBPs) é uma preocupação em relação à segurança da água potável. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a exposição a DBPs tem sido associada a riscos à saúde, como câncer de bexiga, problemas reprodutivos e defeitos congênitos. A OMS também reconhece que "o uso de cloro como desinfetante pode levar à formação de THMs (trihalometanos) e HAAs (ácidos haloacéticos), que são os DBPs mais comuns" (WHO, 2011).

Além disso, a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) estabelece limites³ para a concentração de DBPs na água potável para garantir a segurança do consumo humano. Segundo a EPA, "a exposição a níveis elevados de DBPs pode representar riscos à saúde, incluindo câncer e problemas de desenvolvimento fetal" (EPA, 2021)

Existem várias alternativas ao cloro no tratamento de água potável que podem minimizar a formação de DBPs. Por exemplo, a utilização de ozônio, peróxido de hidrogênio, dióxido de cloro e luz ultravioleta tem sido estudada como alternativas seguras e eficazes. No entanto, é importante avaliar cuidadosamente as vantagens e desvantagens de cada alternativa antes de escolher uma opção para o tratamento de água potável (WHO, 2011).

2.2.2 Monitoria da qualidade da Água e parâmetros de qualidade.

As autoridades reguladoras geralmente estabelecem padrões de qualidade da água para garantir a segurança da população e prevenir doenças transmitidas pela água. Esses padrões estabelecem limites seguros para diversos contaminantes, como bactérias, vírus, metais pesados, substâncias químicas tóxicas e outros contaminantes.

A qualidade da água potável é determinada por uma série de parâmetros físicos, químicos e biológicos que podem afetar a saúde humana. Alguns dos parâmetros mais comuns que são avaliados para garantir a qualidade da água potável incluem:

a) Parâmetros Físicos

- **Cor** - pode indicar de contaminação da água, seja por matéria orgânica ou inorgânica (resíduos industriais como corantes ou esgotos domésticos), e pode ser prejudicial para a saúde humana;
- **Turbidez** - medida da quantidade de material em suspensão na água, como partículas sólidas e orgânicas, pode afetar a aparência e a qualidade da água, além de interferir na penetração de luz na água o que afeta a fotossíntese;

³ os limites aceitáveis para o consumo de DBPs, que incluem THMs e HAAs variam de acordo com a região e as normas estabelecidas pelas autoridades reguladoras de cada país.

- **Temperatura** – designada como medida de aquecimento ou arrefecimento do corpo, sendo originada de forma natural, esta pode afectar a qualidade da água potável. A sua importância é pelo facto de esta afectar a taxa das reacções químicas e biológicas assim como a solubilidade dos gases (O₂ e H₂S), este parâmetro é utilizado na caracterização de corpos de água (como algas e bactérias) e da água bruta.
- **Condutividade eléctrica** - a capacidade de a água transmitir a corrente eléctrica pela presença de iões. A sua origem é da dissociação de substâncias que se encontram dissolvidas na água, valores mais altos indicam uma maior concentração de iões dissolvidos na água, o que pode indicar a presença de poluentes;
- **TDS** – traduzido do inglês sólidos dissolvidos totais, representa a quantidade de materiais orgânicos e inorgânicos, tais como metais, minerais, sais e iões, dissolvidos numa quantidade específica de água, ou seja, são essencialmente uma medida de qualquer coisa dissolvida na água que não seja uma molécula de água. Uma vez que é um solvente, quando a água encontra material solúvel, partículas do material são absorvidas na água, criando sólidos dissolvidos totais;
- **O depósito** - representa a quantidade de material sólido presente na água e pode afetar a aparência e a qualidade da água, além de poder causar entupimento em tubulações.

b) Parâmetros Químicos

- **PH** - mede a acidez ou basicidade da água. Valores abaixo de 6.5 indicam acidez e pode causar corrosão nas tubulações, enquanto valores acima de 8.5 indicam podem influenciar a solubilidade de alguns compostos na água, além de afetar o sabor e o odor da mesma, pode também causar desequilíbrio nutricional ou conter um ião tóxico que pode causar irritação da pele;
- **Dureza Total**- resulta da presença principalmente de sais alcalinos terrosos (cálcio e magnésio), ou de outros metais bivalentes. Pode influenciar na qualidade da água, causando sabor desagradável, em quantidades aceitáveis reduz a formação da espuma do sabão;

- **Cloretos** – geralmente, provem da dissolução de minerais ou da intrusão de águas do mar ou também dos esgotos domésticos ou industriais, em altas concentrações, afectam a qualidade da água conferindo a um sabor salgado ou propriedades laxativas;
- **Nitratos (NO₃-)** - são compostos químicos formados por átomos de nitrogênio e oxigênio. Eles podem estar presentes naturalmente no solo e na água, mas também são encontrados em fertilizantes, esgoto, lixo e outros resíduos orgânicos. O consumo excessivo de nitratos na água pode levar à contaminação e representar riscos para a saúde, especialmente para bebês, que podem desenvolver a síndrome do bebê azul, uma condição que afeta a oxigenação do sangue. Por esse motivo, a Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda que o limite máximo permitido para nitratos na água potável seja de 50 mg/L; (PACHECO, AKEMI, YUMI, LEMOS, & FRAMILO, 2015);
- **Nitritos (NO₂-)** - compostos químicos formados por átomos de nitrogênio e oxigênio. Eles também podem estar presentes naturalmente no solo e na água, mas são encontrados principalmente em fontes de contaminação, como esgoto e fertilizantes. O consumo excessivo de nitritos pode ser tóxico e prejudicial à saúde, pois eles podem se combinar com substâncias químicas no corpo para formar compostos cancerígenos chamados nitrosaminas. Além disso, altas concentrações de nitritos na água podem afetar a oxigenação do sangue, causando a síndrome do bebê azul em bebês. Por esse motivo, a OMS estabeleceu o limite máximo permitido de nitritos na água potável em 3 mg/L; (PACHECO, AKEMI, YUMI, LEMOS, & FRAMILO, 2015)
- **Amoníaco** - é um composto gasoso formado por hidrogênio e nitrogênio que pode ser produzido naturalmente pela degradação de matéria orgânica ou sinteticamente para uso em fertilizantes e produtos químicos. Sua presença em águas subterrâneas é normal, mas em água superficial indica poluição doméstica. O excesso de amoníaco pode causar danos à vegetação e ser tóxico para organismos aquáticos,

especialmente em altos níveis de pH e temperatura. (PACHECO, AKEMI, YUMI, LEMOS, & FRAMILO, 2015)

c) Parâmetros Microbiológicos

- **Coliformes fecais e totais** - são indicadores de presença de microrganismos patogênicos na água, os coliformes fecais existem em grande quantidade nas fezes humanas e quando encontrados na água, significa que a mesma recebeu esgotos domésticos, podendo conter microrganismos causadores de doenças.

2.2.3. Valores recomendáveis dos parâmetros para a análise da qualidade de água potável

A tabela a baixo tabela1, é uma tabela abrangente dos parâmetros físico-químicos, microbiológicos e organolépticos relevantes, com seus respectivos valores recomendados. Esses valores são baseados em normas e diretrizes estabelecidas por órgãos reguladores (INNOQ) e agências de saúde, visando garantir a segurança e a saúde pública.

Tabela 1. Valores dos limites recomendáveis para os parâmetros para análise da qualidade da Água potável

Parâmetro	Limite Admissível		Unidades
	Mínimo	Máximo	
pH	6,5	8,5	-
Condutividade eléctrica	50	2000	$\mu S/cm$
Turvação	0,5	5	NTU
Deposito	-	Ausente	-
cor	-	15	TCU
Nitratos	-	50	$mg/L NO_3^-$
Nitritos	-	3	$mg/L NO_2^-$
cloretos	-	250	$mg/L Cl^-$
Amoníaco como NH_4^+	-	1,5	$mg/L NH_4^+$
Dureza Total	-	500	$mg/L CaCO_3$
Sulfatos	-	400	$mg/L SO_4$
TDS	-	1000	mg/L
Matéria Orgânica	-	3	$mg/L O_2$
Sódio	-	200	$mg/L Na^+$
Potássio	-	50	$mg/L K^+$
Cálcio	-	200	$mg/L Ca$
Magnésio	-	150	$mg/L Mg$
Manganês	-	0,4	$mg/L Mn$
Ferro Total	-	0,2	$mg/L Fe$

FONTE: INNOQ (Instituto Nacional de Normalização e Qualidade)

2.3. Internet das Coisas

A Internet das Coisas (IoT) é uma tecnologia emergente que permite a conexão de objetos físicos à Internet, permitindo a coleta e compartilhamento de dados. Segundo Kranenburg (2014), a IoT consiste na interconexão de dispositivos eletrônicos em rede, permitindo a comunicação entre si sem intervenção humana. Esses dispositivos podem ser sensores, atuadores, *smartphones*, tablets, veículos, máquinas e equipamentos industriais, entre outros. A IoT tem aplicações em diversas áreas, incluindo saúde, transporte, manufatura, agricultura e cidades inteligentes.

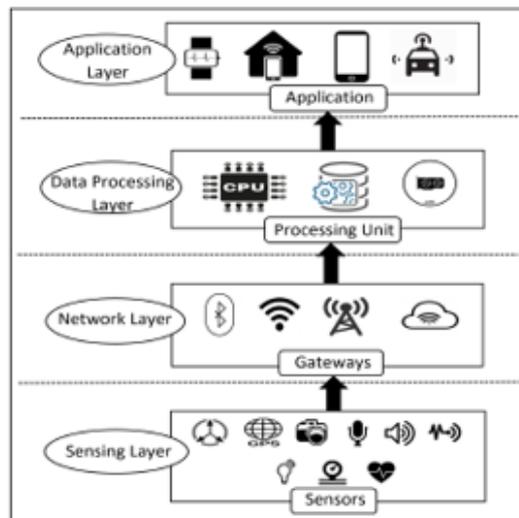
2.3.1. Arquitetura

A arquitetura da IoT pode ser dividida em camadas, como proposto por p. (2010). Essas camadas incluem:

- **Percepção:** camada responsável pela coleta de dados dos dispositivos IoT, que podem ser sensores, atuadores, RFID, entre outros.
- **Rede:** camada responsável pela comunicação entre os dispositivos IoT e a Internet, permitindo a transferência de dados.
- **Middleware:** camada responsável pela integração dos dados coletados pelos dispositivos IoT com as aplicações finais.
- **Aplicação:** camada responsável pelo processamento dos dados coletados pelos dispositivos IoT, permitindo a tomada de decisões e a realização de ações.

Essas camadas interagem entre si para permitir a coleta, processamento e compartilhamento de dados na IoT. A arquitetura pode variar de acordo com as necessidades de cada aplicação, mas a estrutura básica geralmente segue essas camadas, como descrito por Atzori et al. (2010).

Figura 4. Diagrama da Arquitectura da IOT



FONTE: <https://dex.descomplica.com.br>

2.3.2. Tecnologias de Comunicação

As tecnologias de comunicação utilizadas na IoT variam de acordo com as necessidades de cada aplicação. Algumas das tecnologias mais comuns incluem:

- **Wi-Fi:** uma tecnologia sem fio de curto alcance e alta velocidade, geralmente utilizada em ambientes internos para conectar dispositivos IoT a uma rede local.
- **Bluetooth:** uma tecnologia sem fio de curto alcance e baixa potência, geralmente utilizada em dispositivos móveis e acessórios, como *smartwatches* e fones de ouvido.
- **ZigBee:** uma tecnologia sem fio de baixa potência, projetada para comunicação de curta distância entre dispositivos IoT, geralmente utilizada em aplicações industriais e de automação residencial.
- **RFID:** uma tecnologia de identificação por radiofrequência, utilizada para rastrear e identificar objetos ou animais.
- **4G/5G:** tecnologias de comunicação móvel de alta velocidade, utilizadas em dispositivos IoT móveis, como carros conectados e drones.

Outras tecnologias, como LoRaWAN, Sigfox e NB-IoT, também são utilizadas em aplicações específicas da IoT, como redes de sensores sem fio de longo alcance e

baixa potência. A escolha da tecnologia de comunicação depende das necessidades específicas de cada aplicação da IoT.

2.3.3. Áreas de Aplicação da IoT

A IoT tem aplicações em diversas áreas, incluindo:

- **Saúde:** dispositivos IoT podem ser utilizados para monitorar a saúde dos pacientes, coletando dados de sinais vitais, medicamentos e atividades físicas, permitindo um cuidado personalizado e preventivo.
- **Transporte:** a IoT pode ser utilizada para monitorar o tráfego, controlar semáforos e gerenciar a infraestrutura de transporte, permitindo um tráfego mais seguro e eficiente.
- **Manufatura:** dispositivos IoT podem ser utilizados para monitorar a produção, detectar falhas e otimizar processos de produção, melhorando a eficiência e reduzindo os custos.
- **Agricultura:** a IoT pode ser utilizada para monitorar as condições ambientais, como umidade do solo e temperatura, permitindo uma agricultura mais sustentável e eficiente.
- **Cidades inteligentes:** a IoT pode ser utilizada para monitorar o uso de recursos, como energia e água, e gerenciar a infraestrutura urbana, como iluminação pública e coleta de lixo, permitindo cidades mais sustentáveis e eficientes.

Essas são apenas algumas das áreas em que a IoT pode ser aplicada. As possibilidades são muitas e dependem das necessidades e objetivos de cada aplicação. A IoT pode ser utilizada para resolver problemas específicos, melhorar a eficiência e reduzir os custos em diversas áreas.

2.4. Sistema de Monitoria de Água Potável Baseado em IoT

Um sistema de monitoria de água potável baseado em IoT consiste em uma rede de dispositivos inteligentes e sensores que coletam, transmitem e analisam dados sobre a qualidade da água em tempo real. Esses dispositivos podem ser instalados em diferentes pontos da rede de distribuição de água e em diferentes pontos de captação, como rios, lagos e reservatórios. Os dados coletados pelos sensores são transmitidos

para uma plataforma central, onde são processados e analisados, permitindo que as autoridades responsáveis pela gestão dos recursos hídricos monitorem a qualidade da água e tomem medidas rápidas em caso de detecção de contaminação. (Pino, Paula, & Ribeiro, 2019).

2.4.1. Composição do Sistema

Um sistema de monitoria de água potável baseado em IoT é composto por:

- **Dispositivos IoT:** sensores, medidores e outros dispositivos que coletam dados sobre a qualidade da água.
- **Plataforma IoT:** software que gerência e processa os dados coletados pelos dispositivos IoT.
- **Sistema de Visualização:** interface gráfica que apresenta os dados e informações coletados para os usuários finais.

2.4.2. Comparação de Sistemas de Monitoria de Água Potável Baseados em IoT

Existem diferentes tipos de sistemas de monitoria de água potável baseados em IoT disponíveis no mercado, cada um com suas características e vantagens específicas. De acordo com a análise comparativa realizada por Toma e Mocanu (2021), os sistemas de monitoria de água potável baseados em IoT apresentam diferenças significativas em termos de sensores utilizados, protocolos de comunicação, processamento de dados e custos, entre outras características. Por exemplo, alguns sistemas utilizam sensores eletroquímicos para medir a qualidade da água, enquanto outros usam sensores ópticos ou ultrassônicos. Além disso, alguns sistemas são projetados para monitorar apenas alguns parâmetros específicos, como pH e temperatura, enquanto outros são capazes de monitorar uma ampla gama de parâmetros, incluindo turbidez, cloro, amônia e nitrato (Gu, Suo, Zheng, & Zhu, 2019) (Gu et al., 2019; Mazumdar et al., 2020). A escolha do sistema mais adequado depende das necessidades do usuário e das condições específicas do sistema de distribuição de água.

Algumas das características importantes a serem consideradas na escolha de um sistema de monitoria de água potável baseado em IoT incluem a precisão dos sensores, o alcance e a qualidade da comunicação sem fio, a capacidade de armazenamento e processamento de dados, a facilidade de uso e a escalabilidade.

- Um exemplo de sistema de monitoria de água potável baseado em IoT é o **Smart Water Monitoring System**, que é composto por sensores de pH, temperatura e turbidez, além de dispositivos de comunicação e uma plataforma de análise de dados em nuvem. Esse sistema permite monitorar a qualidade da água em tempo real e gerar alertas em caso de anomalias na qualidade da água.
- Outro sistema de monitoria de água potável baseado em IoT é o **AquaSentinel**, que utiliza sensores para medir a qualidade da água e um algoritmo de aprendizado de máquina para detectar anomalias na qualidade da água. Esse sistema também pode ser integrado com sistemas de tratamento de água existentes para melhorar a eficiência do processo de tratamento.
- Um terceiro exemplo de sistema de monitoria de água potável baseado em IoT é o **WaterBot**, que é composto por sensores para medir a qualidade da água, dispositivos de comunicação e uma plataforma de análise de dados em nuvem. Esse sistema permite monitorar a qualidade da água em tempo real e gerar alertas em caso de anomalias na qualidade da água, além de permitir o monitoramento remoto de vários sistemas de distribuição de água.

2.5. Benefícios de um Sistema de Monitoria de Água Potável Baseado em IoT

Um sistema de monitoria de água potável baseado em IoT pode trazer vários benefícios para as empresas de abastecimento de água e para a população em geral. A seguir, são apresentados alguns desses benefícios:

- **Detecção precoce de problemas:** um sistema de monitoria de água potável baseado em IoT pode detectar problemas na qualidade da água de forma rápida e eficiente, permitindo que as empresas de abastecimento de água identifiquem e corrijam os problemas antes que eles se tornem mais graves.
- **Redução de custos:** ao utilizar sensores e dispositivos de monitoria baseados em IoT, as empresas de abastecimento de água podem reduzir seus custos de manutenção e monitoria da água. Além disso, a detecção precoce de problemas pode evitar a necessidade de gastos adicionais com tratamento e reparo.

- **Melhoria na qualidade da água:** um sistema de monitoria de água potável baseado em IoT pode ajudar a melhorar a qualidade da água, permitindo que as empresas de abastecimento de água monitorem e controlem os parâmetros de qualidade da água de forma mais eficiente.
- **Aumento da eficiência operacional:** ao utilizar sistemas de monitoria baseados em IoT, as empresas de abastecimento de água podem otimizar seus processos de monitoria e tratamento da água, aumentando sua eficiência operacional.
- **Melhoria na tomada de decisões:** os dados coletados pelo sistema de monitoria de água potável baseado em IoT podem ser usados pelas empresas de abastecimento de água para tomar decisões mais informadas sobre a qualidade da água e as necessidades de tratamento e manutenção.
- **Conscientização da população:** ao fornecer informações em tempo real sobre a qualidade da água, um sistema de monitoria de água potável baseado em IoT pode ajudar a conscientizar a população sobre a importância da água limpa e segura. Isso pode levar a um aumento na demanda por água de alta qualidade e a uma maior pressão para melhorias no sistema de abastecimento de água.

Capítulo 3. Caso de Estudo

3.1. Estudo de Caso

Este estudo de caso tem como objectivo apresentar a implementação de um sistema de monitoria da qualidade de água potável baseado em IoT em um provedor privado de abastecimento de água, denominado Águas Nhanombe.

3.1.1. Descrição da Empresa

A empresa Águas Nhanombe é uma empresa privada registada como sendo uma entidade unipessoal que atua no mercado de abastecimento de água potável na província de Gaza a 4 anos desde a sua constituição, localizada na cidade de Xai-Xai no bairro 5, com uma carteira de clientes 550 usuários domésticos. A empresa águas Nhanombe tem apenas um funcionário o proprietário da mesma que desempenha os papeis Gerente de operações e técnico de saneamento.

3.1.2. Descrição do Sistema de Abastecimento de Água

O sistema de Abastecimento de água da Águas Nhanombe é composto por uma rede de captação de água que vem de um furo profundo com bombas submersíveis, reservatórios de água e uma rede de distribuição de água potável para os clientes.

Figura 5. Imagem do Sistema de Abastecimento Águas Nhanombe



Fonte: Águas Nhanombe (2023)

3.1.3. Constrangimentos Identificados

Após a visita nas instalações e uma entrevista ao provedor foram identificadas as seguintes anomalias.

- a) A Águas Nhanombe não possui uma estação de tratamento da água potável, esta é tratada de forma manual, ou seja, método de Desinfecção, introduzindo o cloro dentro dos reservatórios de água que posteriormente é abastecida ao cliente, não existe algum sistema que auxilia na medição da quantidade necessária para purificar a água;
- b) A empresa não possui um sistema de monitoria da qualidade da água em tempo real, para a análise de qualidade da água o técnico de saneamento colecta uma amostra trimestralmente da água e esta amostra é enviada a um laboratório para a verificação e análise de parâmetros como, PH, cor, deposito,

condutividade elétrica, turbidez, temperatura, TDS, coliformes fecais, coliformes totais, nitratos, nitritos, amoníaco, dureza total e cloretos;

- c) A Águas Nhanombe não possui um plano de contingência em caso de detenção de problemas na qualidade de água potável, o plano de ação é dependente da decisão da Ara Sul (empresa responsável pela administração de água na região sul) onde são enviados os relatórios quando se detecta um problema na qualidade de água;
- d) Quando a contaminação da água acontece por via de avarias no sistema, como é o caso de explosão das bombas submersíveis ou fuga de óleo que estas contem nos motores provocando problemas na qualidade da água como, a alteração do sabor e odor, contaminação por substâncias químicas tóxicas (hidrocarbonetos) que são prejudiciais a saúde quando ingeridas e bem como originar a proliferação de bactérias. A água é drenada do sistema a fim de retirar o óleo que lá estiver, depois é introduzida uma quantidade significativa de cloro a fim de purificar a mesma e esta é testada ingerindo – a.

Tendo em conta estas necessidades foi identificada a necessidade de implementação de um sistema de monitoria da qualidade da água potável para garantir a qualidade do produto entregue aos clientes.

3.1.4. Objetivos do Sistema de Monitoria de Água Potável

O objetivo do sistema de monitoria da qualidade da água potável é garantir que a água fornecida aos clientes da Águas Nhanombe esteja em conformidade com as normas estabelecidas pelos órgãos reguladores e seja de alta qualidade, segura e saudável para o consumo humano. O sistema visa também otimizar o processo de monitoria, automatizando a coleta e análise de dados para a tomada de decisões mais eficientes e precisas.

Capítulo 4. Proposta de Solução

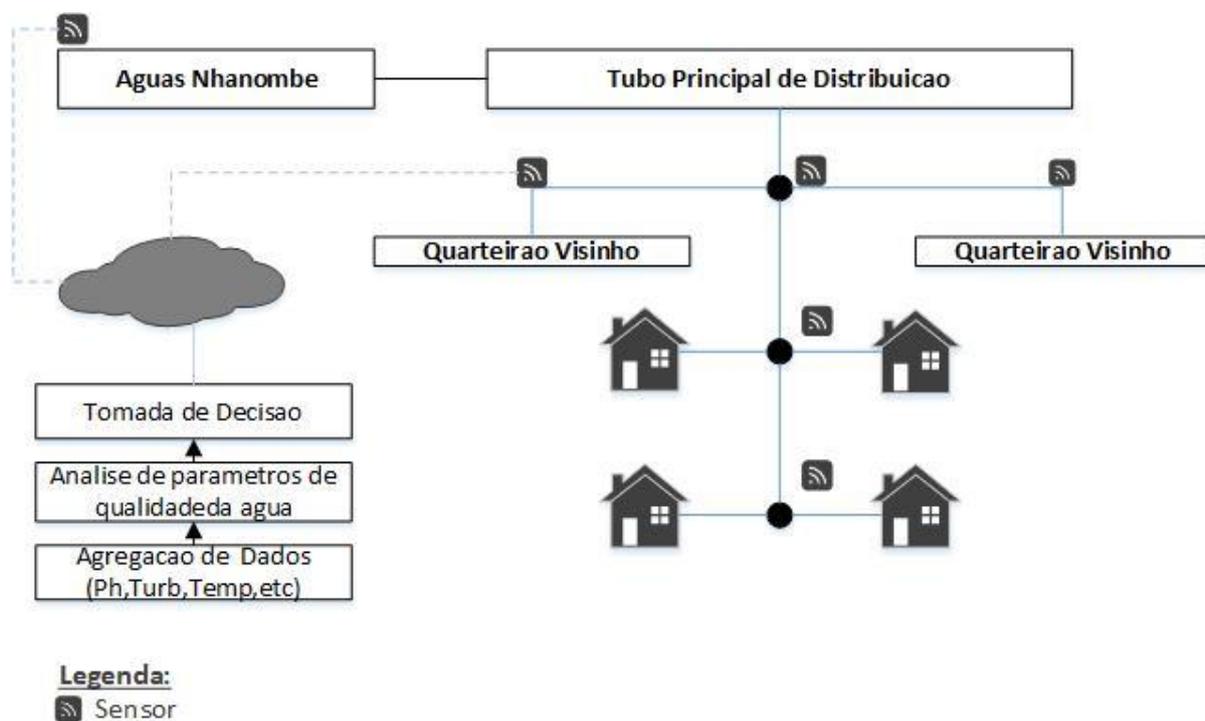
Tendo em consideração os constrangimentos identificados no caso de estudo, será delineada uma estratégia para resolver ou mitigar estes constrangimentos, visando atingir os objectivos propostos. O autor julgou necessário propor uma solução fundamentada em uma abordagem que combina a Internet das coisas e sistemas de monitoria de qualidade de água potável, cujos requisitos foram cuidadosamente seleccionados para endereçar as necessidades específicas identificadas ao longo da

pesquisa. Essa solução foi concebida levando em consideração aspectos como viabilidade técnica, custos e possíveis restrições ou limitações do contexto em que será implementada.

4.1 Descrição da Proposta de Solução

O sistema de Monitoria da qualidade da água potável com base em IOT foi concebido tendo como base a constituição do sistema de abastecimento privado de água da empresa Águas Nhanombe. Pretende – se fazer a leitura e colecta de dados para monitoria da qualidade de água nos diversos pontos deste sistema de abastecimento água, que vai desde o Furo profundo, o Reservatório e nos Nós da rede de distribuição que são os pontos onde se faz a ligação dos consumidores ao tubo geral de distribuição de água, por forma a garantir a cobertura da maior área de possíveis pontos de contaminação da água e fazer com que esta chegue ao consumidor com a qualidade ideal.

Figura 6. Diagrama da Proposta de Solução



Fonte: O Autor (2023)

4.1.1 Princípio de Funcionamento do Sistema

O sistema proposto consiste em um conjunto de componentes, como o Modulo WiFi ESP32, um Sensor analógico TDS/EC e um Sensor de Temperatura DS18B20. O

sistema tem como objectivo monitorar e fornecer informações em tempo real sobre a qualidade da água potável.

O Sensor analógico TDS/EC será responsável por medir a condutividade eléctrica da água e a temperatura desta, será medida pelo Sensor de Temperatura DS18B20, estes Sensores serão conectados ao Modulo WiFi ESP32, responsável por colectar e transmitir os dados para um Servidor de IoT denominado Thingspeak Server, este irá permitir que os dados sejam monitorados online de qualquer lugar do mundo.

A fim de visualizar os resultados de forma clara, o sistema conta com um display 12 C OLED de 0.96", que exhibe os valores de EC e temperatura.

Essa proposta tem como objetivo oferecer uma solução prática e acessível para o monitoramento da qualidade da água potável. Por meio desse sistema, é possível verificar se a condutividade eléctrica da água está dentro dos limites aceitáveis estabelecidos pela OMS, bem como se a temperatura está adequada para o consumo. Isso possibilita que os usuários tenham maior controle sobre a qualidade da água que consomem e tomem medidas corretivas, se necessário, visando garantir a segurança e o bem-estar.

Capítulo 5. Desenvolvimento do Protótipo

O presente capítulo descreve o desenvolvimento do protótipo do sistema proposto, abordando os passos, metodologias e tecnologias utilizadas para transformar a proposta de solução em um protótipo funcional.

O capítulo discute a seleção dos componentes, as decisões de design e as considerações técnicas, destacando a arquitetura do protótipo, a montagem dos sensores, a configuração do Modulo WiFi ESP32 e a conexão com o Modulo WiFi ESP32 e bem como são abordadas as etapas de programação e codificação, incluindo as linguagens de programação, bibliotecas e algoritmos implementados.

O capítulo fornece uma visão clara do processo de desenvolvimento do protótipo, preparando o terreno para a implementação prática e a avaliação do sistema proposto.

5.1. Análise e definição de requisitos

Neste capítulo, abordaremos a fase crucial da análise e definição de requisitos em projetos. A análise de requisitos desempenha um papel fundamental no

desenvolvimento de sistemas eficazes, pois envolve a compreensão das necessidades e expectativas dos usuários, a identificação dos recursos e funcionalidades necessários e a criação de uma base sólida para o projeto.

5.1.2 Requisitos funcionais

A tabela abaixo tabela 2 Requisitos Funcionais (RF) do Sistema referem -se as funcionalidades específicas e comportamentos esperados do sistema, ou seja, as ações que o sistema deve ser capaz de realizar. Estes requisitos descrevem as principais tarefas, operações ou serviços que o sistema vai oferecer ao usuário.

Tabela 2. Requisitos Funcionais

Ref	Descrição	Critério de Aceitação	Prioridade
RF1	O sistema deve permitir a visualização de todos os dados coletados pelos sensores.	Os dados devem ser apresentados de maneira compreensível e atualizados em tempo real no display 12 C OLED de 0.96".	Importante
RF2	O sistema deve permitir a coletar dados de condutividade elétrica (EC) e temperatura da água potável por meio dos sensores TDS/EC e DS18B20.	Os dados devem ser coletados de forma precisa e confiável, garantindo a integridade e a representatividade das medições.	Essencial
RF3	O Sistema deve permitir a transmissão de dados para o servidor de IOT Thingspeak e o controlador deve acontecer exclusivamente via rede Wi-Fi de 2.4 GHz.	O usuário deve aceder ao sistema remotamente em tempo real.	Essencial
RF4	O Sistema deve permitir, o acesso remoto aos dados e configurações, para monitoramento e controle mesmo à distância.	O acesso remoto deve ser seguro, com autenticação adequada, e permitir o monitoramento e ajuste das	Importante

		configurações conforme necessário.	
--	--	------------------------------------	--

Fonte: O Autor (2023)

5.1.3 Requisitos não funcionais

A tabela abaixo tabela 3 Requisitos não Funcionais (RnF) do Sistema que se referem aos critérios que descrevem as características, restrições e qualidade do sistema. Eles complementam os requisitos funcionais, garantindo que o sistema atenda aos padrões de desempenho, segurança, usabilidade e outras áreas-chave para o sucesso do projeto.

Tabela 3. Requisitos Não Funcionais

Ref	Descrição	Requisito
RnF1	O sistema deve garantir a segurança dos dados e proteger contra acessos não autorizados.	Segurança
RnF2	O sistema deve ser capaz de operar por longos períodos sem falhas significativas e manter a precisão e consistência das medições.	Confiabilidade
RnF3	Os usuários devem ser capazes de interagir com o sistema de forma simples, sem a necessidade de conhecimentos técnicos avançados.	Usabilidade
RnF4	O sistema deve ser capaz de suportar o crescimento do número de dispositivos e usuários sem comprometer o desempenho e a qualidade do serviço.	Escalabilidade
RnF5	O sistema deve ser capaz de lidar com a coleta e transmissão de dados em tempo real, sem atrasos significativos ou perda de informações.	Desempenho

Fonte: Autor (2023)

5.2 Projecto de Sistema e Software

5.2.1 Requisitos de Software

RF1 - O sistema deve permitir a visualização de todos os dados colectados pelos sensores; **RF3** - O Sistema deve permitir a transmissão de dados para o servidor de IOT Thningspeak; **RF4** - O Sistema deve permitir, o acesso remoto aos dados e configurações, para monitoramento e controle. **RnF5** - O sistema deve ser capaz de

lidar com a coleta e transmissão de dados em tempo real, sem atrasos significativos ou perda de informações.

5.2.2 Requisitos de Hardware

RF2 - O sistema deve permitir a coletar dados de condutividade elétrica (EC) e temperatura da água potável por meio dos sensores TDS/EC e DS18B20; **RF3**- O Sistema deve permitir a transmissão de dados para o servidor de IOT Thningspeak e o controlador ESP32 deve acontecer exclusivamente via rede Wi-Fi de 2.4 GHz.

5.2.3 Arquitectura

A arquitetura proposta é baseada no modelo proposto em II.2.3.1 por Atzori e tem como objetivo fornecer uma solução robusta, escalável e confiável. Este modelo em o enfoque em três camadas principais: Aplicação, Rede e Percepção, cada camada desempenha um papel crucial no funcionamento global do sistema e a iteração entre elas parte de baixo para cima.

Figura 7. Arquitectura da Proposta de Solução



Fonte: O Autor (2023)

5.2.3.1 Camada Física e Percepção

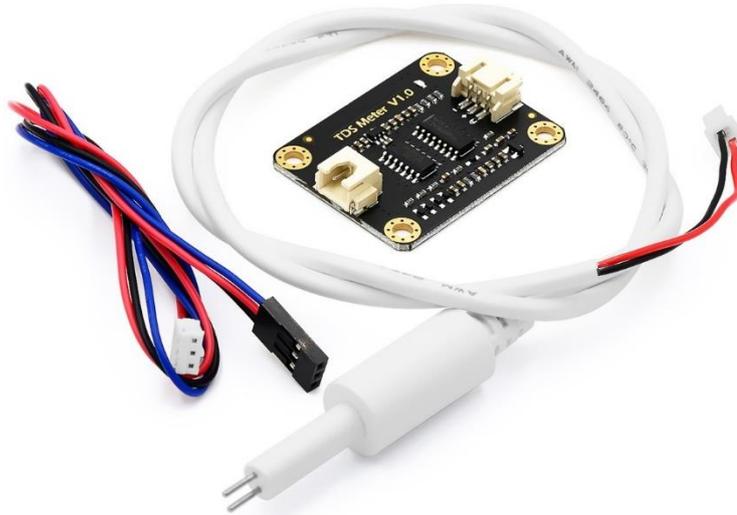
Camada dividida em duas partes, sendo a primeira camada a física que representa a transmissão de bits brutos por um canal de comunicação e a segunda a percepção directamente acima da camada física, responsável por filtrar, tratar e organizar os dados brutos provenientes dos dispositivos sensores para torná-los prontos para análise e transmissão para as camadas superiores. (Tenenbaum & Serafim, 2016)

Nesta camada são usados os sensores e o controlador abaixo:

1. **Sensor Analógico de TDS** – um kit de sensor ou medidor de TDS compatível com Arduíno para medir o valor de TDS na água, este pode ser aplicado em

água doméstica, hidroponia ⁴ e outros campos de teste de qualidade da água. Este sensor suporta uma ampla entrada de tensão de 3,3 ~ 5,5V e saída de tensão analógica de 0 ~ 2,3V, o que o torna compatível com sistemas ou placas de controle de 5V ou 3,3V.

Figura 8. Sensor Analógico de TDS



Fonte: www.usinainfo.com.br

A fonte de excitação é um sinal de corrente alternada (AC), o que pode prevenir efetivamente a polarização da sonda e prolongar a vida útil da mesma, enquanto ajuda a aumentar a estabilidade do sinal de saída. A sonda de TDS é à prova de água, podendo ser submersa em água para medições de longa duração.

O sensor possui uma faixa de medição de TDS entre 0 ~ 1000ppm, com uma precisão de 10% da Escala Completa (25 °C). A sonda não pode ser usada em água acima de 55 graus centígrados.

2. **Sensor de Temperatura à Prova d'Água DS18B20** - esta é uma versão pré-cablada e à prova d'água do Sensor DS18B20, utilizado para medir temperaturas em locais distantes ou em condições húmidas. O Sensor pode medir a temperatura entre -55 a 125°C (-67°F a +257°F), o cabo é revestido de PVC. Esses sensores de temperatura digitais de um fio são bastante precisos,

⁴ Hidroponia é um método de cultivo de plantas em que as raízes são imersas em uma solução nutritiva, em vez de serem plantadas em solo tradicional. Neste sistema, as plantas obtêm os nutrientes essenciais diretamente da solução aquosa, e o solo é substituído por um meio inerte, como perlita, argila expandida ou lã de rocha, que serve apenas para ancorar as raízes.

com uma precisão de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ na maior parte da faixa. Eles são compatíveis com qualquer microcontrolador usando apenas um pino digital.

Figura 9. Sensor de Temperatura à Prova d'Água DS18B20



Fonte: www.shop.pimoroni.com

3. **Modulo ESP32 WiFi** – dispositivo eletrônico que combina as funcionalidades de um microcontrolador e um módulo Wi-Fi em um único chip. O ESP32 incorpora um microcontrolador com um ou mais núcleos (geralmente dois), com 4 MB de memória flash, permite a execução de programas e controle de periféricos, como sensores, displays e outros componentes, a partir de uma serie de pinos de E/S (GPIOs), este é capaz de funcionar de forma confiável em ambientes industriais, com uma temperatura de operação que varia entre -40°C e +125°C. O ESP32 pode se comunicar com outros sistemas para fornecer funcionalidades de Wi-Fi e Bluetooth por meio de suas interfaces SPI / SDIO ou I2C / UART.

Figura 10. Módulo WiFi ESP32



Fonte: www.makerhero.com

5.2.3.2 Camada de Rede

Esta camada tem como função a transmissão dos dados obtidos pelos dispositivos da camada de percepção para a camada de aplicação (Tenenbaum & Serafim, 2016), a transmissão de dados é feita pelo protocolo HTTP (Hypertext Transfer Protocol). O módulo ESP32, ao enviar os dados para o servidor ThingSpeak, utiliza requisições HTTP para enviar informações para os canais específicos criados na plataforma, onde esses dados podem ser armazenados e visualizados posteriormente.

5.2.3.3 Camada de Aplicação

A camada de Aplicação é responsável pelo processamento e análise dos dados recebidos da camada de Rede, bem como pela disponibilização de informações úteis para os usuários finais. (Tenenbaum & Serafim, 2016). Nesta camada os dados serão armazenados no Servidor Thingspeak em intervalos de 15 segundos, estes podem ser acessados e monitorados pelo Thingspeak Dashboard em qualquer localização, a partir de vários dispositivos como o celular, computador, etc e bem como podem se observar a partir do mostrador OLED.

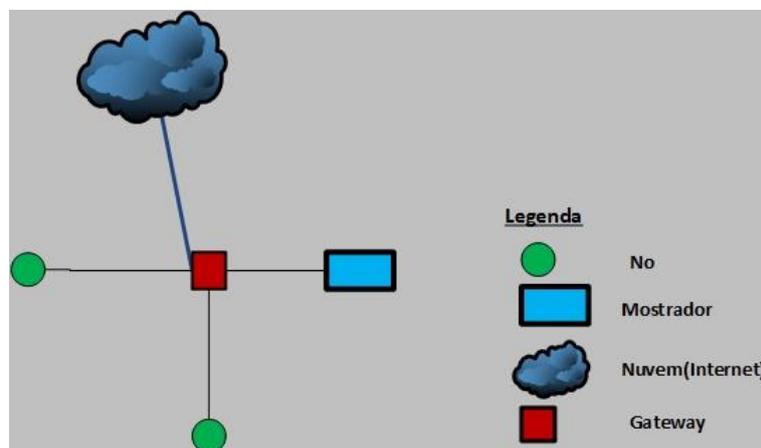
5.2.4 Modelo de Funcionamento

O modelo de funcionamento do sistema descreve a topologia da rede empregue, o fluxo de processos do sistema, estágios ou funções, como são definidas as interações entre as diferentes partes constituintes através das relações de entradas, saídas e direções de fluxo de informação e a composição física da plataforma.

5.2.4.1 Topologia da Rede

O modelo de topologia de Rede patente no sistema é o modelo em estrela, nesta topologia, todos os dispositivos, incluindo os sensores e o ESP32, estão conectados diretamente ao ponto central, que é o ESP32, que funciona como um gateway. Isso cria um padrão de conexões semelhante a uma estrela, onde todas as linhas irradiam de um ponto central. A topologia de rede em estrela simplifica o gerenciamento dos dispositivos e facilita a adição de mais sensores em caso de necessidade, cada dispositivo possui uma conexão direta com o ponto central, o que permite um fluxo de dados mais eficiente e uma manutenção mais simples. Como pode -se observar na figura abaixo figura 11.

Figura 11. Topologia de Rede Estrela

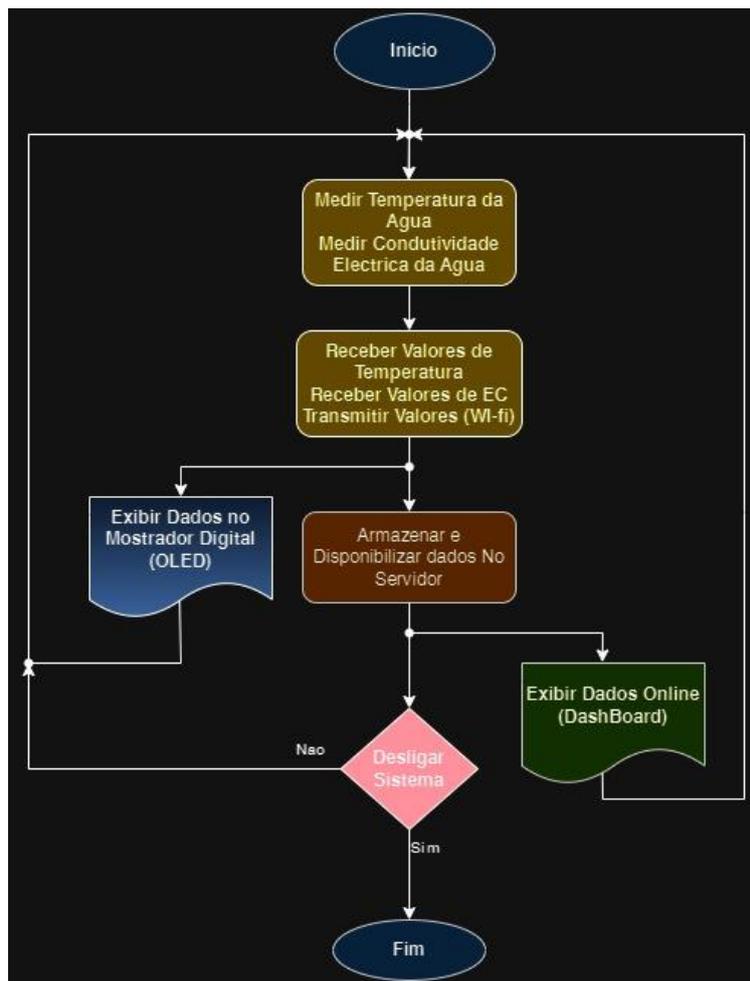


Fonte: O Autor (2023)

5.2.4.2 Fluxograma

O fluxograma é um diagrama que representa o fluxo de trabalho ou processos do sistema, este fluxo pode – se igualmente apresentar com recurso a uma representação diagramática de um algoritmo, em uma abordagem passo a passo para a resolução de uma tarefa. Estes são utilizados para a documentação, estudo, planeamento, melhoria e comunicação de processos complexos por meio de diagramas claros e fáceis de entender. Na figura abaixo figura 12 temos a ilustração do fluxograma do sistema.

Figura 12. Fluxograma

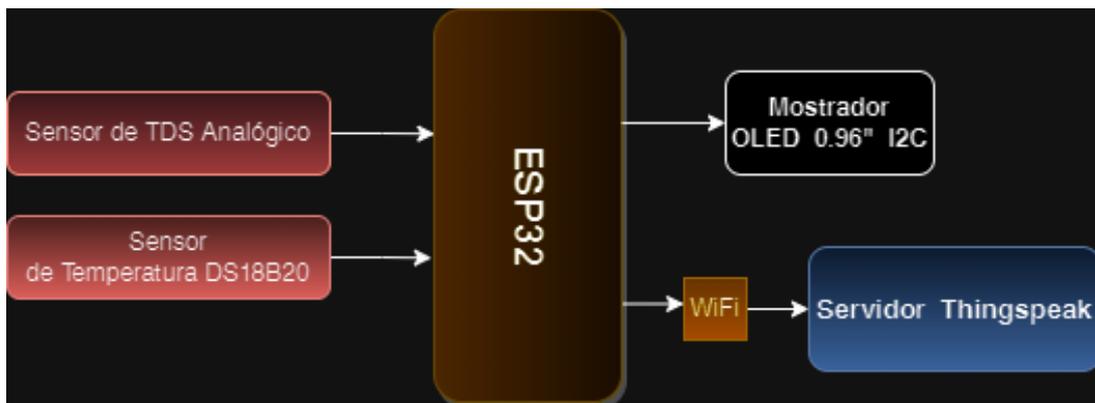


Fonte: O Autor (2023)

5.2.4.3. Diagrama de Blocos

Um Diagrama de Blocos refere – se a representação gráfica do sistema em blocos de estágios, onde são definidas as iterações entre as diferentes partes do sistema por meio de relações de entradas, saídas e orientações de fluxo de informação. O sistema é composto por dois sensores conectados ao controlador, o ESP32 que atua como o processador central, compensando os valores de EC com base na temperatura e controlando a exibição dos dados no Mostrador OLED. Os dados são enviados para o servidor Thingspeak por meio de uma conexão Wi-Fi, onde podem ser monitorados online e analisados ao longo do tempo.

Figura 13. Diagrama de Blocos



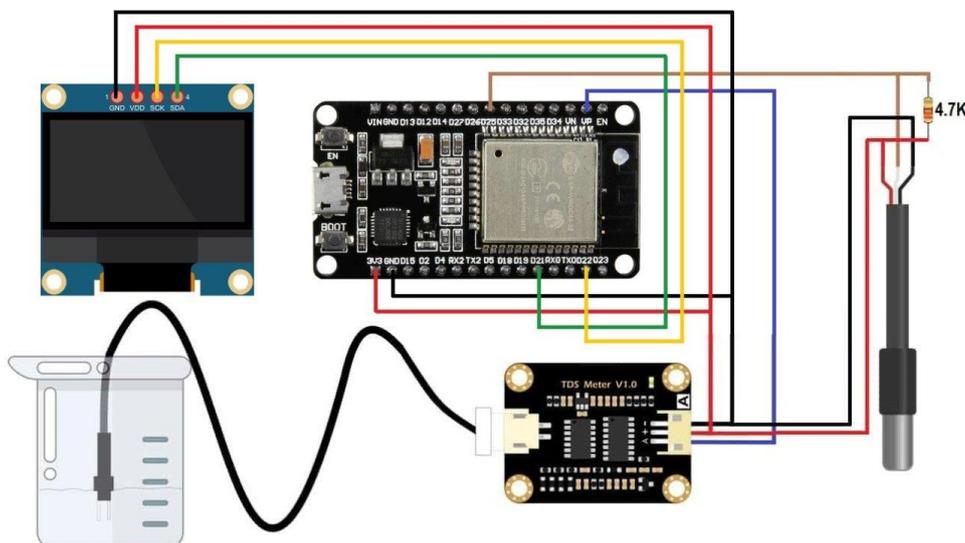
Fonte: O Autor (2023)

5.3 Implementação e Teste de Unidade

Para iniciar o processo de implementação ou codificação da solução o autor precisou de instalar a ferramenta, Arduino IDE e fazer o download das bibliotecas seguintes: OneWire Library, Dallas Temperature Library, ADS1015 Library, DFRobot ESP EC Library, Adafruit GFX Library e Adafruit SSD1306 Library.

5.3.1 Circuito do Sistema

Figura 14. Circuito do Sistema de Monitoria da qualidade de Água potável baseado em IoT



Fonte: <https://how2electronics.com>

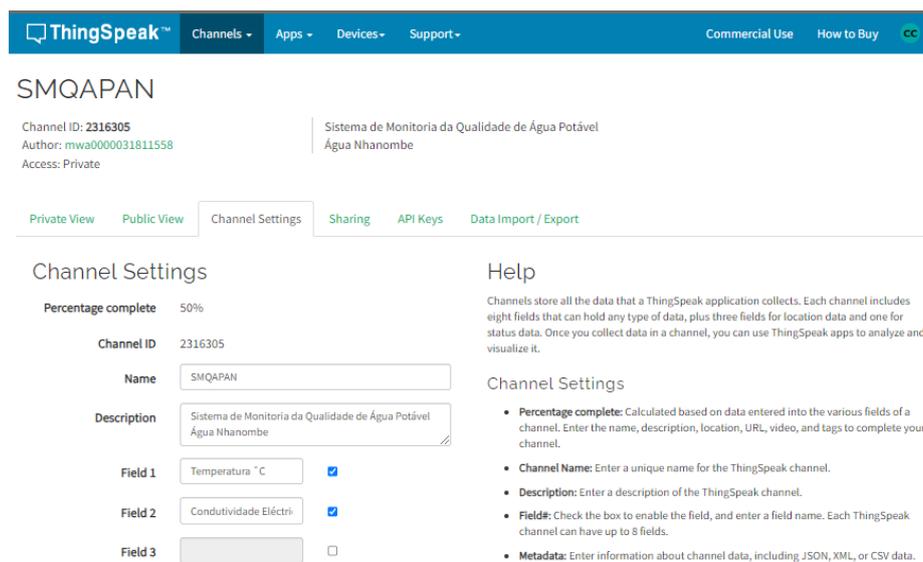
5.3.2 Instalação do Arduíno IDE

Para fazer a instalação do Arduíno IDE, será preciso aceder ao link <https://support.arduino.cc/hc/en-us/categories/360002212660-Software-and-Downloads> e descarregar a aplicação Arduíno IDE Installer de acordo com a versão do Sistema Operativo, neste caso em específico o Windows, após fazer o download, seguir com a instalação wizard⁵ da aplicação clicando nos botões NEXT até que o processo de instalação chegue ao fim.

5.3.3 Configuração do Thingspeak Server

Para configurar o Thingspeak Server, primeiro será necessário aceder ao link <https://thingspeak.com/>, criar uma conta ou fazer o login se já tiver uma conta, em seguida criar um canal com os detalhes como na figura abaixo. Figura 15. Configuração do Thingspeak Server

Figura 15. Configuração do Thingspeak Server



The screenshot shows the Thingspeak web interface for a channel named 'SMQAPAN'. The channel ID is 2316305, the author is mwa000031811558, and the access is private. The channel description is 'Sistema de Monitoria da Qualidade de Água Potável Água Nhanombe'. The 'Channel Settings' tab is active, showing a 'Percentage complete' of 50%. There are three fields defined: Field 1 is 'Temperatura °C' (checked), Field 2 is 'Condutividade Eléctri' (checked), and Field 3 is empty (unchecked). A 'Help' section on the right explains that channels store data and lists instructions for setting the name, description, fields, and metadata.

Fonte: O Autor (2023)

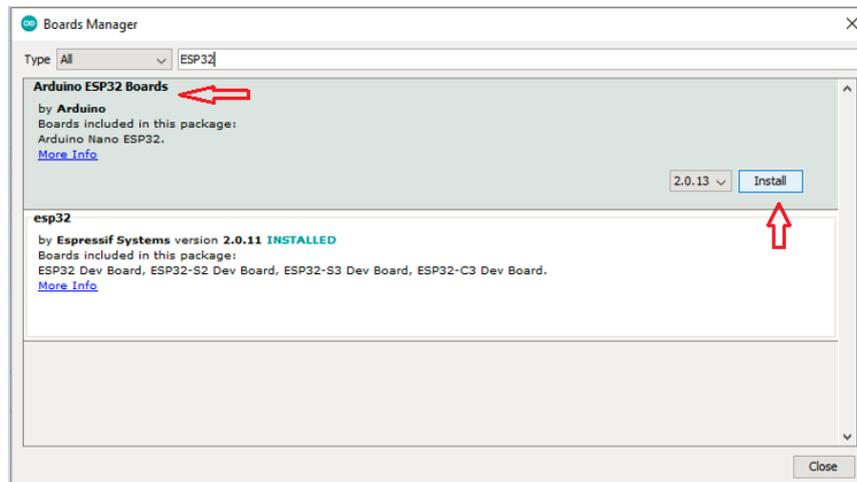
5.3.4 Programação do Modulo ESP32 WiFi

A programação é feita em linguagem C/C++ e compilada por um software que permite a execução do código, este software é o Arduíno IDE que fornece um ambiente de desenvolvimento integrado e específico para projectos de IOT, para o início desta

⁵ Fornece uma interface passo a passo que simplifica o procedimento de instalação, tornando-o mais acessível para os utilizadores, mesmo para aqueles que podem não ser especialmente experientes em tecnologia.

programação será preciso descarregar e instalar a biblioteca do ESP32 WiFi, como se pode verificar na figura abaixo, Figura 16. Instalação da Biblioteca do ESP32 WiFi.

Figura 16. Instalação da Biblioteca do ESP32 WiFi



Fonte: 1 O Autor (2023)

5.3.4.1 Importação das Bibliotecas

Serão a importadas de diversas bibliotecas essenciais para o projeto.

- a) A Biblioteca EEPROM é utilizada para calibrar o armazenamento de dados e a comunicação é viabilizada pela biblioteca WiFi.

```
#include <Arduino.h>
#include <Wire.h>
#include <EEPROM.h>
#include <WiFi.h>
```

- b) Para o sensor DS81B20 de temperatura, contamos com as bibliotecas One Wire e a Biblioteca de Temperatura

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
```

- c) No ESP32, empregamos a biblioteca ADS1015 para o pino ADC. Além disso, para o cálculo da condutividade elétrica, utilizamos a biblioteca DFRobot ESP EC.

```
#include <Adafruit_ADS1015.h>
#include <DFRobot_ESP_EC.h>
```

- d) Por fim, as bibliotecas GFX e SSD1306 são cruciais para exibir os valores no display O'LED I2C.

```
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
```

5.3.4.2. Conexão e Comunicação com o Thingspeak Server

A conexão do ESP32 e comunicação com o servidor é feita a partir das quatro linhas do código abaixo:

```
String apiKey = "6WYK9947LR5GA9MS";
const char *ssid = "Xiaomi 11 Lite 5G NE";
const char *pass = "12345678";
const char* server = "api.thingspeak.com";
```

5.3.4.3. Conexão ao WiFi do ESP32

A função abaixo garante a conexão WiFi do modulo ESP32 e faz a calibração do armazenamento de dados pela biblioteca EEPROM.

```
void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  EEPROM.begin(32);
  ec.begin();
  sensors.begin();
  if (!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C)) {
    Serial.println(F("SSD1306 allocation failed"));
    for (;;)
  }
  delay(2000);
  display.clearDisplay();
  Serial.println("Connecting to ");
  Serial.println(ssid);
  WiFi.begin(ssid, pass);

  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED)
  {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("");
  Serial.println("WiFi connected");
}
```

5.3.4.4. Cálculo do valor da temperatura e Condutividade eléctrica

Na função Loop, faz – se o cálculo do valor da temperatura e condutividade eléctrica usando algumas funções das suas respectivas bibliotecas e todos os valores lidos são impressos no mostrador OLED e também faz – se calibração dos sensores com a instrução `ec.calibration`.

```
void loop()
{
  voltage = analogRead(A0);
  sensors.requestTemperatures();
  temperature = sensors.getTempCByIndex(0);
  ecValue = ec.readEC(voltage, temperature);

  Serial.print("Temperature:");
  Serial.print(temperature, 2);
  Serial.println("°C");
  Serial.print("EC:");
  Serial.println(ecValue, 2);

  display.setTextSize(2);
  display.setTextColor(WHITE);
  display.setCursor(0, 10);
  display.print("T:");
  display.print(temperature, 2);
  display.drawCircle(85, 10, 2, WHITE);
  display.setCursor(90, 10);
  display.print("C");
  display.setCursor(0, 40);
  display.print("EC:");
  display.print(ecValue, 2);
  display.display();
  delay (1500);
  display.clearDisplay();

  ec.calibration(voltage, temperature);

  client.stop();
}}
```

5.3.4.5. Exibição dos dados no Servidor Thingspeak Server

Usando o http post network, fazemos o post ou exibição dos dados colhidos pelos sensores no servidor thingspeak server.

```
if (client.connect(server, 80))
{
    String postStr = apiKey;
    postStr += "&field1=";
    postStr += String(temperature, 2);
    postStr += "&field2=";
    postStr += String(ecValue, 2);
    postStr += "\r\n\r\n";
    delay(500);

    client.print("POST /update HTTP/1.1\n");
    client.print("Host: api.thingspeak.com\n");
    client.print("Connection: close\n");
    client.print("X-THINGSPEAKAPIKEY: " + apiKey + "\n");
    client.print("Content-Type: application/x-www-form-urlencoded\n");
    client.print("Content-Length: ");
    client.print(postStr.length());
    client.print("\n\n");
    client.print(postStr);
    delay(500);
}
```

5.4 Integração e teste de sistema

Neste capítulo, exploraremos a fase crítica de integração e teste de sistema. A integração eficaz de diferentes componentes de um sistema é fundamental para garantir o funcionamento coeso e harmonioso. Vamos abordar estratégias de integração, desde a combinação de módulos individuais até a criação de um sistema completo e funcional. Além disso, examinaremos métodos abrangentes de teste que visam validar não apenas o desempenho individual dos elementos, mas também a interação entre eles.

5.4.1 Resultados Obtidos

Ao fazer o upload do código do programa o sistema automaticamente tenta fazer a conexão WiFi e exibe o resultado, quando a conexão é feita com sucesso, o monitor serial exibe o resultado do intervalo de dados lidos pelos sensores o que significa que o sistema acima está em perfeito funcionamento. O Sensor de Temperatura apresenta os valores iniciais consoante a temperatura ambiente atual antes de estar em contacto com água, que estava na ordem dos 27.81 °C, mas depois algum tempo estes valores vão se estabilizando consoante a temperatura da Água que variaram

dos 27,81°C a para 25°C. O sensor de Condutividade eléctrica apresenta inicialmente valor 0 μ /cm antes de entrar em contacto com água, por forma a induzir e testar a variação da condutividade eléctrica, adicionando sal a água os valores variam gradualmente de 0 μ /cm para 16,56 μ /cm, ao remover o sensor da água os valores vão decrementado. Com os testes corridos constatou – se que o sistema pode a longo prazo garantir a que integridade e disponibilidade de informação, visto que o sensor de Condutividade eléctrica e de temperatura devido as característica e princípios de funcionamento apresentas no capítulo 5.2.3.1, nos pontos 1 e 2 respectivamente.

5.4.2. Custo De Implementação

O seguinte plano orçamental para a implementação do projecto foi elaborado tendo em conta o disposto no ponto 4.1 e foi escolhida uma área que envolve dois quarteirões compostos por um número de 10 clientes por quarteirão, tendo assim um total de 10 nós de ligação.

Tabela 4. Plano Orçamental

Nome do Componentes	Quantidade	Preço Unitário	Preço Total
Roteador	2	2,500.00 Mts	5,000.00 Mts
Modulo ESP32 WiFi	13	199.24 Mts	2,590.24 Mts
Sensor Analógico TDS	13	296.64 Mts	3,856.32 Mts
Sensor de Temperatura DS81B20	13	69.57 Mts	904.41 Mts
Resistor 4.7K	13	10.00 Mts	130.00 Mts
Cabos de conexão	100	249.84 Mts	499.68 Mts
Breadboard	13	186.59 Mts	2,425.67 Mts
Mostrador OLED 0.96" I2C	13	750.00 Mts	9,750.00 Mts
Total			25,156.32 Mts

Fonte: O Autor (2023)

5.5 Operação e Manutenção

5.5.1 Plano de instalação do Sistema de Monitoria da qualidade de Água Potável baseado em IOT no provedor Água Nhanombe

Para a instalação do sistema no local do caso de estudo serão necessários 3 meses conforme é ilustrado na tabela a seguir:

Tabela 5. Calendário do Plano de Implementação

ANO	2023								2024			
	Novembro				Dezembro				Janeiro			
MESES	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
SEMANAS	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ACTIVIDADES												
Início do Projecto												
Dimensionamento Da Área de Abastecimento												
Elaboração de planta												
Aquisição do Material												
Montagem do sistema												
Teste do Sistema												
Detecção e prevenção de falhas												
Teste finais e training												
Entrega do Sistema												

Fonte: O Autor (2023)

5.5.2 Plano de Manutenção Preventiva do Sistema de Monitoria da qualidade de Água Potável baseado em IOT no provedor Água Nhanombe

A manutenção Preventiva ajuda a garantir o bom funcionamento do sistema de forma efectiva, esta será feita com uma frequência de uma vez a cada 6 meses.

Tabela 6. Plano de Manutenção Preventiva

Componentes por Inspeccionar	Recursos		
	Ferramentas	Mão de Obra	Frequência (Meses)
Sensor Analógico TDS	Multímetro, conjunto de chaves combinadas	2 Técnicos eletricistas ou eletrónicos	C1: Imediato; C2: 3; C3: 2
Sensor de Temperatura DS81B20			
Mostrador OLED 0.96" I2C			
Critérios	Acção		
C1: Equipamento Avariado	Fazer a substituição		
C2: Temperatura acima dos 50°C	Desligar o Sistema imediatamente e verificar a origem da sobrecarga		

C3: Equipamento sujo e o local onde esta instalado	Fazer a limpeza do equipamento e o local
--	--

Fonte: 2 O Autor (2023)

Capítulo 6. Conclusões

Este trabalho teve como objectivo principal desenvolver um sistema inovador de monitorização da qualidade da água potável, utilizando os princípios da Internet das Coisas (IoT). A integração cuidadosa de sensores em tempo real e a fase crítica de teste de sistema foram cruciais para garantir a coesão e fiabilidade do sistema. Estratégias de integração flexíveis e métodos de teste abrangentes contribuíram para a robustez do sistema. Além de fornecer monitorização contínua da qualidade da água, a implementação prática desta solução destaca os conhecimentos obtidos durante o curso de Engenharia Informática e o potencial transformador da IoT na gestão eficiente dos recursos hídricos, sendo uma contribuição significativa para a segurança e bem-estar da comunidade.

6.1 Recomendações

Para trabalhos futuros algumas alterações podem ser feitas ao sistema a fim de melhor aprimorar o seu desempenho atual. O sistema atual utiliza a tecnologia de rede WiFi para a transmissão de dados. No entanto, essa abordagem enfrenta limitações de cobertura, sendo menos eficaz em áreas extensas. Recomenda-se, para futuros trabalhos, a adoção da tecnologia LoRaWAN, conhecida por sua ampla cobertura em áreas rurais, alcançando distâncias superiores a 10 km e com baixo consumo de energia. Além disso, sugere-se expandir a rede de sensores, incluindo sensores de pH e turbidez. Essa expansão proporcionará uma visão mais abrangente da qualidade da água, adaptando-se a diferentes contextos e cenários.

Os dados coletados pelos sensores são transmitidos e disponibilizados em um servidor online, no caso, o Thingspeak. Como o acesso a esses dados é feito pela internet, é possível fortalecer as medidas de segurança para proteger as informações sensíveis de monitoramento da água. Isso pode ser alcançado implementando uma criptografia robusta e protocolos de autenticação, como o TLS (Transport Layer Security) ou SSL (Secure Sockets Layer). Essas medidas garantem uma comunicação segura entre os dispositivos IoT e o servidor, assegurando a integridade e confidencialidade dos dados durante a transmissão.

Bibliografia

- CAPUCCI, E., MARTINS, A., MANSUR, K., & MONSORES, A. (2001). *Poços Tubulares e Outras Captações de Águas Subterrâneas – Orientação aos Usuários*. Rio De janeiro: Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMADS), Junho/2001. 67p.: il. Planágua Vol. 6. ISBN 85-87-206-11-7. (Cooperação Técnica Brasil-Alemanha, Projeto PLANÁGUA-SEMADS/GTZ).
- Creswell, J. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. SAGE Publications.
- EPA. (2021). *United State Environmental Protection Agency*. Obtido de Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos. Drinking Water Contaminants. : <https://www.epa.gov/dwstandardsregulations/drinking-water-contaminants>
- Gu, J., Suo, X., Zheng, y., & Zhu, Y. (2019). A Review on IoT-based smart water quality monitoring systems. *Journal of Cleaner Production*, 232, 730-744.
- INGRH. (1997). *Manual da Qualidade de Água*. Cabo Verde.
- Magalhães, M. A., Magalhaes, M. W., & Magalhaes, D. A. (2004). *Engenharia & Projectos*. Obtido de Engenharia & Projectos: www.enge.com.br
- Ministério do Turismo, Indústria e Energia de Cabo Verde. (1997). *Manual da Qualidade de Água*. Cabo Verde.
- OMS. (2011). Obtido de <https://apps.who.int>
- PACHECO, E., AKEMI, D., YUMI, E., LEMOS, F., & FRAMILO, V. (22 de 09 de 2015). *Portal Tratamento de Agua*. Obtido de tratamentodeagua.com.br: <https://tratamentodeagua.com.br/artigo/qualidade-da-agua/>
- Pino, E., Paula, D. A., & Ribeiro, M. (2019). Sistema de Monitoramento de qualidade de agua baseado em IOT . *Sistema de monitoramento de qualidade de água baseado em IoT. In Anais do XX Simpósio Brasileiro em Segurança da Informação e de Sistemas Computacionais*, pp. 1263-1270.
- Programme, J. M. (2017). *UNICEF*. Obtido de <https://www.unicef.org/mozambique/%C3%A1gua-saneamento-e-higiene>

- Tenenbaum, A. N., & Serafim, A. M. (2016). *Smart Water Quality Monitoring System*. In *Proceedings of the World Congress on Engineering*. World Congress on Engineering.
- Terassaka, C., & Fattori, P. (2014). Sistemas de Abastecimento de Agua. pp. 3-4.
- Uandela, A. (January de 2016). Gestao descentralizada dos sistemas de abastecimento de Agua. *Servicos de abastecimento de aguas em Mocambique: contexto e elementos - chaves*, p. 401.
- UNICEF, W. (2020). *UNICEF*. Obtido de UNICEF: <https://washdata.org/data/household#!/>
- WHO. (2011). *World Health Organization*. Obtido de World Health Organization. Guidelines for Drinking-water Quality. 4th Edition: https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/dwq_guidelines/en/
- Yin, R. (2014). *Case Study Research: Design and Methods*. SAGE Publications.

Anexo1: Guião de Entrevista:

A entrevista por forma a colheita de dados para o desenvolvimento deste trabalho foi feita junto ao Gerente de Operações da Águas Nhanombe:

- 1. Qual é a função de ocupa na Águas Nhanombe?**
R: Gerente de Operações.
- 2. A quanto tempo a Águas Nhanombe está em actividade?**
R: A 4 anos.
- 3. Quantos cliente possui a Águas Nhanombe até Hoje? (Distinga os entre singulares e empresas)**
R: A Águas Nhanombe possui um Total de 550 clientes singulares.
- 4. O provedor de água já utiliza algum sistema de monitoria da qualidade da água potável?**
R: Não, o sistema empregue atualmente é manual, ou seja, amostragem e análise de laboratório.
- 5. Como é feita a coleta da amostra de água para a análise?**
R: Manualmente, por um funcionário específico.
- 6. Com que frequência são realizadas as análises da qualidade da água potável?**
R: Trimestralmente.
- 7. Quais são os principais parâmetros avaliados nas análises da qualidade da água?**
R: os parâmetros analisados no laboratório são: O cloro Residual livre, PH, turbidez, Coliformes fecais e metais pesados (chumbo, mercúrio, etc).
- 8. Qual é o método para enviar os resultados das análises da qualidade da água os clientes?**
R: Não enviamos os resultados das análises aos clientes.
- 9. Existe algum plano de contingência em caso de deteção de problemas na qualidade da água?**
R: Não existe.
- 10. Quais são os procedimentos adotados em caso de deteção de problemas na qualidade da água?**
R: Intervenção imediata na Rede de Abastecimento.
- 11. A Águas Nhanombe já considerou a possibilidade de implementar um sistema de monitoria da qualidade da água baseado em IoT?**
R: Sim, já consideramos implementar um sistema automatizado, mas não desta natureza.
- 12. Quais seriam os principais benefícios que o provedor de água espera ganhar com o sistema?**
R: O benefício que esperamos são: A melhoria na qualidade da água fornecida, o aumento da confiança dos consumidores e maior eficiência no processo de monitoramento.
- 13. Quais seriam os principais desafios para a implementação de um sistema de monitoria de qualidade da água potável baseado em IoT na Águas Nhanombe?**
R: O principal desafio seria o investimento inicial.
- 14. A Águas Nhanombe estaria disposta a investir em um sistema de monitoria da qualidade da água potável baseado em IoT?**
R: Dependendo dos custos e dos benefícios deste sistema.

Anexo 2: Dashboard Servidor Thingspeak

Figura 17. Dashboard Thingspeak Server

Water Quality Monitoring

Channel ID: 1792241
Author: [mwa0000017233256](#)
Access: Private

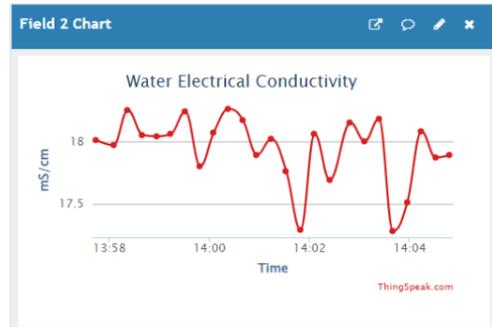
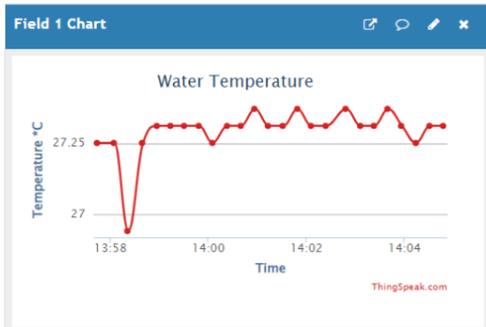
Private View Public View Channel Settings Sharing API Keys Data Import / Export

+ Add Visualizations + Add Widgets Export recent data

MATLAB Analysis MATLAB Visualization

Channel Stats

Created: [about 2 hours ago](#)
Last entry: [about 2 hours ago](#)
Entries: 48



Anexo 3: Código do Programa

```
#include <Arduino.h>
#include <Wire.h>
#include <EEPROM.h>
#include <WiFi.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <Adafruit_ADS1015.h>
#include <DFRobot_ESP_EC.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>

#define SCREEN_WIDTH 128 // OLED display width, in pixels
#define SCREEN_HEIGHT 64 // OLED display height, in pixels
// Declaração para um ecrã SSD1306 ligado a I2C (pinos SDA, SCL)
Adafruit_SSD1306 display (SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, -1);

#define ONE_WIRE_BUS 14 // este é o pino 13 do gpio no esp32.
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);

DFRobot_ESP_EC ec;
Adafruit_ADS1115 ads;

float voltage, ecValue, temperature = 25;

String apiKey = "6WYK9947LR5GA9MS";//Introduza a sua chave da API de
escrita do ThingSpeak

const char *ssid = " Xiaomi 11 Lite 5G NE ";//substitua pelo ssid
wifi e chave wpa2
const char *pass ="12345678";
const char* server = "api.thingspeak.com";

WiFiClient client;
void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  EEPROM.begin(32);
  ec.begin();
  sensors.begin();
  if (!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C)) { // Endereço 0x3D
para 128x64
    Serial.println(F("SSD1306 allocation failed"));
    for (;;)
  }
  delay(2000);
  display.clearDisplay();
```

```

Serial.println("Connecting to ");
Serial.println(ssid);

WiFi.begin(ssid, pass);

while (WiFi.status() != WL_CONNECTED)
{
    delay(500);
    Serial.print(".");
}
Serial.println("");
Serial.println("WiFi connected");
}

void loop()
{
    voltage = analogRead(A0);
    sensors.requestTemperatures();
    temperature = sensors.getTempCByIndex(0); // Lê o sensor de
    temperatura para executar temperature compensation
    ecValue = ec.readEC(voltage, temperature); // converter a tensão
    em CE com compensação de temperatura

    Serial.print("Temperature:");
    Serial.print(temperature, 2);
    Serial.println("°C");
    Serial.print("EC:");
    Serial.println(ecValue, 2);

    display.setTextSize(2);
    display.setTextColor(WHITE);
    display.setCursor(0, 10);
    display.print("T:");
    display.print(temperature, 2);
    display.drawCircle(85, 10, 2, WHITE); //colocar o símbolo de grau
    (°)
    display.setCursor(90, 10);
    display.print("C");
    display.setCursor(0, 40);
    display.print("EC:");
    display.print(ecValue, 2);
    display.display();
    delay(1500);
    display.clearDisplay();

    ec.calibration(voltage, temperature); // processo de calibração
    pelo Serial CMD

    if (client.connect(server, 80)) // "184.106.153.149" ou
    api.thingspeak.com

```

```
{
    String postStr = apiKey;
    postStr += "&field1=";
    postStr += String(temperature, 2);
    postStr += "&field2=";
    postStr += String(ecValue, 2);
    postStr += "\r\n\r\n";
    delay(500);

    client.print("POST /update HTTP/1.1\n");
    client.print("Host: api.thingspeak.com\n");
    client.print("Connection: close\n");
    client.print("X-THINGSPEAKAPIKEY: " + apiKey + "\n");
    client.print("Content-Type: application/x-www-form-
urlencoded\n");
    client.print("Content-Length: ");
    client.print(postStr.length());
    client.print("\n\n");
    client.print(postStr);
    delay(500);
}
client.stop();
}
```