



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS VII – GOVERNADOR ANTÔNIO MARIZ  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E SOCIAIS APLICADAS  
CURSO DE BACHARELADO EM COMPUTAÇÃO**

**JOSÉ JEFFERSON PIRES GONÇALVES**

**PROPOSTA DE SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE CISTERNAS UTILIZANDO  
SENSORIAMENTO E *INTERNET* DAS COISAS**

**PATOS - PB**

**2023**

**JOSÉ JEFFERSON PIRES GONÇALVES**

**PROPOSTA DE SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE CISTERNAS UTILIZANDO  
SENSORIAMENTO E *INTERNET* DAS COISAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Computação da Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento à exigência para obtenção do grau de Bacharel em Computação.

**Área de concentração:** Internet das coisas

**Orientador:** JOSÉ JANDILSON DE SOUSA  
ARRUDA

**PATOS - PB**

**2023**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

G635p Gonçalves, Jose Jefferson Pires.

Proposta de sistema de gerenciamento de cisternas utilizando sensoriamento e internet das coisas [manuscrito] / Jose Jefferson Pires Gonçalves. - 2023.

44 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Computação) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas, 2023.

"Orientação : Prof. Esp. José Jandilson de Sousa Arruda, Coordenação do Curso de Computação - CCEA. "

1. Internet das coisas. 2. LoRaWAN. 3. LoRa. 4. Microcontroladores. I. Título

21. ed. CDD 004.678

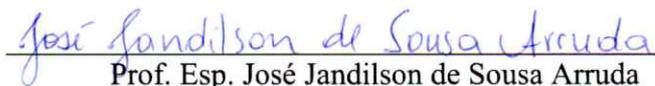
JOSÉ JEFFERSON PIRES GONÇALVES

**PROPOSTA DE SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE CISTERNAS UTILIZANDO  
SENSORIAMENTO E INTERNET DAS COISAS**

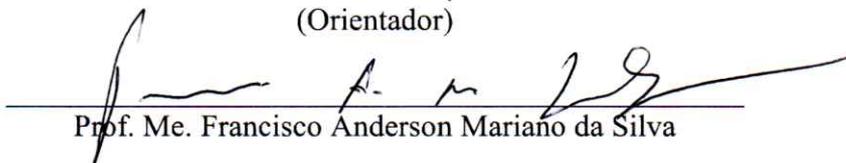
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Ciência da Computação da Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento à exigência para obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação.

Aprovado em 29/06/2023.

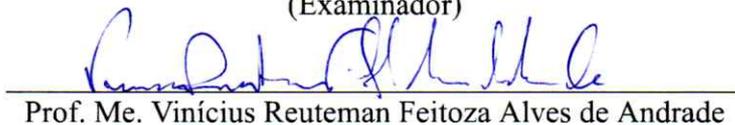
BANCA EXAMINADORA

  
Prof. Esp. José Jandilson de Sousa Arruda

(Orientador)

  
Prof. Me. Francisco Anderson Mariano da Silva

(Examinador)

  
Prof. Me. Vinícius Reuteman Feitoza Alves de Andrade

(Examinador)

## AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho a Jesus que nunca me abandonou e me acompanhou ao longo desta jornada de aprendizado e crescimento.

Agradeço primeiramente aos meus pais Josileide minha mãe e Rinaldo meu pai por sempre acreditarem em mim, amor incondicional e apoio inestimável. Sem o encorajamento e suporte de vocês, essa conquista não seria possível.

Aos meus queridos amigos, obrigado por compartilharem risadas, desafios e momentos inesquecíveis durante nossa jornada acadêmica. Vocês foram meu apoio nos momentos difíceis e minha motivação para seguir em frente, são vários mais vou citar um em especial que esteve presente nas maiores dificuldades Marcos Guedes, Ronildo Felix, Alisson Menezes, Viniciuos Fernandes, Allyson Teixeira, Sônia Gomes, Severino Gomes, Guilherme Figueiredo, Theogenes Nunes, Jéssica Belo, Andressa Arnor, pessoas mais que especiais que sempre acreditaram em mim.

Ao meu orientador José Jandilson, pela orientação sábia, paciência e valiosos insights ao longo da elaboração deste trabalho. Sua dedicação e expertise foram fundamentais para o meu crescimento como pesquisador.

À minha instituição de ensino, aos mestres Pablo Suarez, Jefferson Felipe, Angélica Felix, Ingrid Morgane, entre outros que contribuíram significativamente para a minha formação.

Por fim, agradeço a todos que cruzaram meu caminho durante esta jornada acadêmica, pois cada um de vocês deixou uma marca indelével em minha trajetória. Este trabalho é dedicado a vocês, por todo o apoio, carinho e dedicação que me proporcionaram. Sem vocês, este trabalho não seria possível.

Muito obrigado!

## RESUMO

O presente estudo tem como objetivo investigar tecnologias baseadas em IoT de baixo custo para monitoramento de cisternas usando sensores e microcontrolador para transmissão e recebimento de dados, e, a partir disto, desenvolver uma solução para controle das águas das cisternas propondo um método para gerenciamento do consumo de água eficiente. Pode-se pensar especialmente em ambientes ou dispositivos como Cidades Inteligentes, Carros Conectados, Casas Inteligentes e Dispositivos Vestíveis (roupas e acessórios conectados). Uma nova geração de oportunidades está vindo e os sensores presentes nos objetos inteligentes podem notificar através de serviços *Web* os sistemas de gerenciamento dos dados sensoriais. Para isso será investigar tecnologias de baixo custo para gerenciamento de cisternas usando sensores e microcontrolador para transmissão e recebimento de dados, desenvolver um sistema para controle e monitoramento das águas a fim de utilizar o microcontrolador ESP32 com o auxílio de sensores de nível comunicando-se com a Rede *LORAWAN* em longas distâncias que são ideais para o ambiente que as cisternas estão inseridas. A tecnologia de comunicação Lora se mostrou relevante para o gerenciamento de recursos hídricos, que por meio de programação em linguagem C++ e uma plataforma de comunicação que proporciona a comunicação entre sensores e microcontrolador facilitando o acesso ao monitoramento dos reservatórios. Os resultados do protótipo se mostraram satisfatórios, uma vez que o principal objetivo foi alcançado, mostrando-se uma alternativa para a implementação de um sistema de gerenciamento de cisternas e de baixo custo.

**Palavras-Chave:** Internet das coisas, *LoRa*, *Esp32*, sensores, microcontroladores.

## ABSTRACT

The present study aims to investigate low-cost IoT-based technologies for monitoring cisterns using sensors and a microcontroller for transmitting and receiving data, and, based on this, to develop a solution for controlling water in cisterns by proposing a method for managing the efficient water consumption. One can think especially of environments or devices such as Smart Cities, Connected Cars, Smart Homes and Wearable Devices (connected clothing and accessories). A new generation of opportunities is coming and the sensors present in smart objects can notify sensory data management systems through Web services. For this, it will be to investigate low cost technologies for management of cisterns using sensors and microcontroller for transmission and reception of data, to develop a system for control and monitoring of waters in order to use the microcontroller ESP32 with the aid of level sensors communicating with the LORAWAN Network over long distances that are ideal for the environment that the cisterns are inserted. The Lora communication technology proved to be relevant for the management of water resources, which through programming in C++ language and a communication platform that provides communication between sensors and microcontroller, facilitating access to monitoring of reservoirs. The results of the prototype were satisfactory, since the main objective was achieved, proving to be an alternative for the implementation of a low-cost cistern management system.

**Keywords:** Internet of things, LoRa, Esp32, sensors, microcontrollers.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> - Blocos básicos da IoT.....	15
<b>Figura 2</b> - Rede LoRa em escala mundial .....	17
<b>Figura 3</b> - LoRaWaN.....	18
<b>Figura 4</b> - Sensor de nível para líquidos.....	20
<b>Figura 5</b> - Esp32 LoRaWaN – Heltec .....	23
<b>Figura 6</b> - IDE Arduino .....	24
<b>Figura 7</b> - Cisternas para âmbito familiar.....	26
<b>Figura 8</b> - Processo Metodológico da Pesquisa.....	30
<b>Figura 9</b> - Esboço Projeto Prático Esp32 com sensores de Nível na Cisterna .....	31
<b>Figura 10</b> - Componentes projeto: 1 esp32 lora, 3 sensores de nível tipo boia,1 Protoboard, 1 Cabo USB, Jumpers.....	31
<b>Figura 11</b> - Protótipo Físico da ESP32 Lora Com os Sensores de Nível .....	32
<b>Figura 12</b> - Envio de mensagens dos sensores .....	35
<b>Figura 13</b> - ESP32 recebendo os dados dos sensores.....	36
<b>Figura 14</b> - Protótipo funcionando .....	36

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Tabela de custos .....	34
--	----

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Comparação entre alguns microcontroladores.....	22
---	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CIA	<i>Confidentiality, Integrity and Availability</i>
EXI	<i>Efficient XML Interchange</i>
IDE	Ambiente de Desenvolvimento Integrado do Arduino
IoT	<i>Internet Of Things</i>
LoRa	<i>Long-Range</i>
MIT	Instituto de Tecnologia de Massachusetts
OWL	<i>Web Ontology Language</i>
P&G	<i>Procter and Gamble</i>
RDF	<i>Resource Description Framework</i>
RFID	Sistema de captura de dados utilizando o sinal e frequência de rádio
SE's	Sistemas Embarcados
WSN	<i>Wireless Sensor Network</i>
WSAN	<i>Wireless Sensor and Actuator Network</i>

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	10
1.1 Problemática .....	11
1.2 Objetivos .....	12
1.2.1 Objetivo Geral .....	12
1.2.2 Objetivos Específicos .....	12
1.3 Justificativa .....	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	14
2.1 IoT .....	14
2.1 Long-Range (LoRa) .....	16
2.2 Sistemas Embarcados .....	18
2.3 <i>Wireless Sensor Networks</i> .....	19
2.3.1 Sensores de nível .....	20
2.4 Computação em Nuvem .....	21
2.5 Microcontroladores .....	21
2.5.1 Microcontrolador <i>ESP32 LORA</i> .....	23
2.6 Ambiente de Desenvolvimento Integrado do Arduino – IDE .....	24
2.7 Desenvolvimento Rural Sustentável e Inovações Tecnológicas .....	25
2.8 Trabalhos Relacionados .....	26
2.9 Segurança da informação em dispositivos IoT .....	27
3 METODOLOGIA .....	30
4 PROTÓTIPO DO PROJETO .....	31
4.1 Protótipo físico .....	31
4.2 Descrição do projeto .....	32
4.3 Desenvolvimento .....	32
4.5 Microcontrolador ESP32 .....	33
4.5 Custos do projeto .....	33
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	35
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	38
REFERÊNCIAS .....	39

## 1 INTRODUÇÃO

A inovação nos últimos anos tem transformado o modo de como o mundo está conectado. A tecnologia e a inovação são dois itens que proporcionam evolução e revolução. Há um tempo, falava-se em globalização, que era a quebra de barreiras entre países. Com o advento da era digital, em que as informações são transmitidas em velocidade instantânea e há comunicação direta entre as pessoas, sem limites de tempo e espaço, observamos a quarta revolução industrial e na indústria 4.0 (ALMEIDA, J. S. G. D; CAGNIN, FAGUNDES, 2019).

Nesse contexto, o mercado está disposto a atender tais demandas e, para tanto, está fortalecendo seus produtos com interfaces tecnológicas e elementos do cenário da *Internet das Coisas*, do inglês *Internet of Things* – IoT (MAGRANI, 2018).

IoT apresenta possibilidades em torno de muitos objetos: dispositivos com sensores, atuadores e controladores. Esses objetos são todos capazes de serem conectados à *Internet*, e eles vêm em muitas formas e tamanhos. Em outras palavras, a *Internet das Coisas* é uma rede de objetos físicos (veículos, prédios e outros dotados de tecnologia embarcada, sensores e conexão com a rede) capaz de coletar e transmitir dados. É uma extensão da *Internet* atual que possibilita que objetos do dia-a-dia (quaisquer que sejam, mas com capacidade computacional e de comunicação) se conectem à *Internet*.

Avanços tecnológicos têm favorecido bastante tais facilidades no dia a dia das pessoas ao longo do tempo. As tarefas que anteriormente eram realizadas de forma manual, como, por exemplo, acender uma luz, hoje podem ser feitas de modo automático com o auxílio da tecnologia da *Internet das Coisas*. Relacionado a este conceito, Sociedades Inteligentes (*Smart Societies*) destina-se a conceber soluções que possibilitem a cidadania, a sustentabilidade, a inserção social, a inclusão e a atuação do cidadão por meio do uso de tecnologias inovadoras (SANTOS, 2016).

Destaca-se ainda que, existem grandes discordâncias com a relação ao conceito de IoT, não há uma especificação que seja capaz de abranger a complexidade sociotécnica do termo. O que as definições de IoT têm em comum é que são um acoplamento avançado de computadores, sensores e objetos que compartilham entre si e processam as informações/dados em um contexto de hiperconectividade (MAGRANI, 2018).

No cenário da inovação, diversas aplicações relacionadas a *IoT* têm sido desenvolvidas (SANTOS; MACHADO e RUSCHE; e HERMANY e CAGLIARI 2017). Um contexto de aplicação que tem chamado atenção é o desenvolvimento rural sustentável, que é bastante

complexo e com grandes desafios. Dentre estes, a questão da água que dentre vários desafios, aponta-se a fragilidade do sistema de abastecimento de água (Santana, 2015; Alves *et al*, 2016).

Nota-se a carência de monitoramento nos reservatórios, surge a necessidade de resolver tal problema com o auxílio da tecnologia IoT que pode ser uma abordagem viável para o caso. Uma rede de sensores e atuadores sem fio transmitindo dados para uma rede de armazenamento com as informações, pode ser utilizado para monitorar em questão de monitorar o consumo diário, determinar quanto será gasto diariamente, quantidade de água existe, quantos dias falta para acabar de acordo com a média de consumo, entre outros aspectos.

Diante de tais aspectos, o objetivo do trabalho é propor uma rede inteligente capaz de informar as condições de armazenamento em tempo real, tendo assim uma melhor administração das águas, com as informações será possível tomar tais decisões relativas ao seu consumo. Para tal fim acontecer faz se necessário investigar tecnologias baseadas em *IoT* de baixo custo e implantar nas cisternas utilizando metodologias ágeis para auxiliar a população na compreensão da escassez de água na seca.

## **1.1 Problemática**

De acordo com o Ministério da Cidade e Secretaria Especial do Desenvolvimento Social (2019), a cisterna é uma técnica inovadora que surgiu para contenção de água nos períodos chuvosos. Além disso, se torna uma solução que auxilia positivamente a população de baixa renda, na qual é a mais prejudicada com a seca nestes períodos. Entretanto, as cisternas são categorizadas em três tipos, elas são: I) Cisterna familiar; II) Cisterna Escolar; e III) Cisterna de água para produção. No entanto, neste estudo será focado nas cisternas no âmbito familiar.

Tendo em vista que o semiárido brasileiro possui características de secas frequentes ao longo dos anos, se torna primordial a utilização de cisternas para o armazenamento de água, dando suporte à população que necessita de assistência nessa época do ano (SANTANA, 2015).

As cisternas têm o objetivo de aumentar a capacidade da reserva de água, são bastante utilizadas para o acúmulo de recursos hídricos principalmente em período de seca no semiárido nordestino. De fato, existe uma escassez de ferramentas ou dispositivos tecnológicos que auxiliam no processo de medição em tempo real da água que se encontra no reservatório, o processo atual de mediação é feito de forma tradicional, onde o proprietário abre a tampa e verifica no olho se existem muita água no fundo da cisterna, diante desse fato se faz necessário idealizar uma maneira mais eficaz para tal medição.

Para resolver a questão do controle e monitoramento hídrico, a aplicação da IoT pode ser uma abordagem viável. Uma rede de sensores e atuadores sem fio poderá ser utilizada para monitorar reservatórios de pequeno porte, e assim determinar a quantidade de água disponível. De acordo com esses dados obtidos, várias novas informações poderão ser identificadas, por exemplo, ao levar em consideração um perfil de consumo do usuário, poderá se ter uma previsão de quantos dias a água disponível no reservatório poderá ser utilizada.

Desta forma, sensores inteligentes podem informar as condições de armazenamento em tempo real para uma melhor gestão das águas. O conjunto de informações será disponibilizado ao usuário que poderá auxiliá-lo na tomada de decisão visando um consumo consciente.

## **1.2 Objetivos**

Para a obtenção do resultado do presente trabalho, foram elaborados o objetivo geral e objetivos específicos, descritos nessa seção.

### **1.2.1 Objetivo Geral**

Investigar tecnologias baseadas em IoT de baixo custo para monitoramento de cisternas usando sensores e microcontrolador para transmissão e recebimento de dados, e, a partir disto, desenvolver uma solução para controle das águas das cisternas propondo um método para gerenciamento do consumo de água eficiente.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

Para obtenção do objetivo geral, foram elencados os seguintes objetivos específicos:

- Investigar tecnologias baseadas em IoT de baixo custo que possam gerenciar reservatórios hídricos de pequeno porte;
- Implementar um sistema para captura, envio e recebimento de eventos advindos dos sensores;
- Desenvolver um sistema de comunicação entre sensores e microcontrolador para transmissão e recebimento de dados;
- Preparar material de apoio para os usuários acerca da utilização do sistema e simplificação do uso;
- Realizar Testes e validar experimento do protótipo.

### 1.3 Justificativa

O Programa Cisternas promove o acesso da população mais pobre à água de qualidade para o consumo humano e a produção de alimentos, de modo que as cisternas são soluções simples para captar e armazenar a água da chuva durante os períodos de seca.

A cisterna para consumo humano é projetada para suprir necessidades básicas (beber, cozinhar e higiene pessoal) de uma família de até cinco pessoas por oito meses, período normal de estiagem no Semiárido. É uma tecnologia social – um conhecimento desenvolvido e compartilhado na própria comunidade –, simples e de baixo custo, que capta a água da chuva. Trata-se de um reservatório de alvenaria que armazena a água da chuva captada por um sistema de calhas interligado a ela, instalado no telhado.

Neste cenário, este trabalho revela sua importância através da busca por métodos acessíveis para medição e controle de água em cisternas de baixo custo e práticos para a população que necessita de consciência para melhor utilização de seus recursos hídricos até mesmo para prevenir que tenham água em períodos de estiagem (seca).

Além disso, destaca-se o impacto social desta pesquisa, tendo em vista que existem mais de um milhão de cisternas (Ministério da Cidade e Secretaria do Desenvolvimento Social, 2019), e que essa solução para gerenciamento de água será de grande benefício para essas famílias. É pertinente revelar também a justificativa pessoal, tendo em vista a importância do impacto que a solução proposta nesta pesquisa pode ter em várias famílias carentes do semiárido brasileiro e econômica, já que os equipamentos (microcontroladores e sensores) são de baixo custo e baixo consumo energético.

A justificativa deste estudo fundamenta-se na contínua busca de práticas, ferramentas e métodos que ajudem a monitorar, em tempo real e de forma eficiente o uso dos recursos hídricos nos consumidores.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo contém a revisão dos principais conceitos de IoT, *Long-Range (LoRa)*, Sistemas Embarcados, *Wireless Sensor Networks*, Sensores de nível, Computação em Nuvem, Microcontroladores, Ambiente de desenvolvimento integrado do Arduino – IDE, Desenvolvimento Rural Sustentável e Aplicações/Inovação Tecnológicas.

### 2.1 IoT

Conceitualmente, pode-se definir que a IoT, além de acionar equipamentos pelos smartphones, está tornando-os mais inteligentes. Neste contexto, segundo Oliveira (2017), fica claro que, com o desenvolvimento de novas tecnologias e preços acessíveis, a IoT está mudando a forma de interação entre os equipamentos ao nosso redor. Contudo, o conceito de IoT não sendo novo, demorou a se tornar popular, pois, como afirma Wootton (2016), a IoT utiliza o conjunto de redes e protocolos que está presente na própria internet. Porém, não se deve interpretar que qualquer “coisa” que tenha internet faça parte de *IoT*.

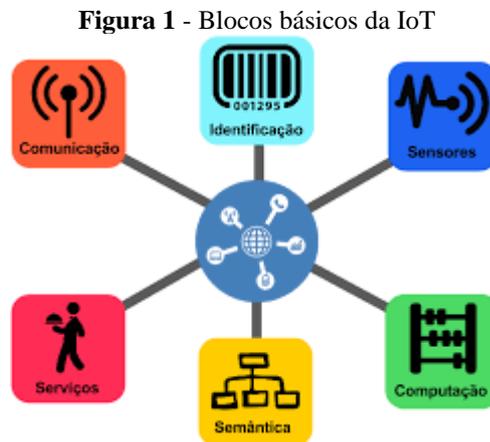
O termo *Internet* das Coisas, ou *Internet of Things* (IoT) em inglês foi apresentado por Kevin Ashton do laboratório *Auto-ID Center* do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), em sua apresentação sobre RFID (sistema de captura de dados utilizando o sinal e frequência de rádio) e a cadeia de suprimentos de uma grande companhia em 1999 para a Procter *and* Gamble (P&G) (ASHTON, 2009).

Em resumo, a *Internet* das Coisas é uma ampliação da *Internet* atual, que possibilita aos objetos do dia a dia (quaisquer que existam), com mais espaço computacional e de comunicação, se acoplarem à *Internet*. A conexão com a rede de computadores possibilita controlar remotamente os objetos e permite que os objetos sejam acessados como provedores de serviços (SANTOS, 2016).

Sistemas de automação como acender luzes, aquecer o jantar no momento que se está voltando do trabalho para sua casa, pulseiras inteligentes que compartilham com seus amigos o quanto você anda a pé ou bicicleta durante o seu dia na cidade ou sensores para avisar imediatamente aos fazendeiros quando um animal seu está doente ou prenhe. Esses exemplos são uma forma de associação considerável tecnológica inovadoras ao conceito de IoT (MAGRANI, 2018).

Segundo Santos (2016), a IoT pode ser vista como uma mistura de diversas tecnologias, as quais são dependentes no sentido de possibilitar a integração dos objetos físicos ao mundo

virtual. A Figura 1 apresenta os blocos básicos de composição da IoT, sendo eles: Comunicação, Identificação, Sensores, Serviços, Semântica, Computação.



Fonte: Santos, 2016

Santos (2016) conceitua cada um dos componentes:

- **Identificação:** o bloco mais significativo, tendo visto que é essencial identificar os objetos exclusivamente para conectar à *Internet*. Algumas tecnologias como RFID, NFC (*Near Field Communication*) e endereçamento IP são capazes de identificar os objetos.
- **Sensores/Atuadores:** os sensores recolhem informações sobre o âmbito onde os objetos se encontram, e logo em seguida armazenam/encaminham os dados para um centro de armazenamento. Os atuadores lidam com o ambiente ou procedem de acordo com os dados lidos.
- **Comunicação:** se diz a respeito das várias técnicas utilizadas para conectar os objetos inteligentes. Além disso, desempenha um papel importante no custo de energia dos objetos, sendo assim, um motivo a ser questionado. Algumas das suas tecnologias usadas são WiFi, *Bluetooth*, IEEE 802.15.4 e RFID.
- **Computação:** compreende o elemento de processamento como por exemplo, microcontroladores, processadores e FPGAs (Matriz de Portas Programáveis em Campo), motivadores por executar algoritmos locais nos objetos inteligentes.
- **Serviços:** a IoT pode dispor diversas classes de serviços, entre os serviços se destacam-se:
  - Serviços de identificação: ele é encarregado por estruturar as Entidades Físicas (EF) (de relevância do usuário) em Entidades Virtuais (EV) como por exemplo, a temperatura de um local físico em seu valor, coordenadas geográficas do

sensor e instante da coleta.

- Serviços de Agregação de Dados: ele coleta e condensa os dados homogêneos/heterogêneos alcançados dos objetos inteligentes.
- Serviços de Colaboração e Inteligência: atuam sobre os serviços de agregação de dados para tomar definições de modo apropriado a um definido cenário.
- Serviços de Ubiquidade: têm em vista os serviços de colaboração e inteligência seja qual for o momento e local em que eles sejam fundamentais.
- **Semântica:** relaciona-se às práticas de extração de inteligência dos objetos na *IoT*. Trata da conquista de entendimento e uso eficiente dos recursos existentes na *IoT*, com base nos dados verdadeiros, com o objetivo de designar determinado serviço. Para tal, é capaz de usar diversas técnicas como *Resource Description Framework (RDF)*, *Web Ontology Language (OWL)* e *Efficient XML Interchange (EXI)*.

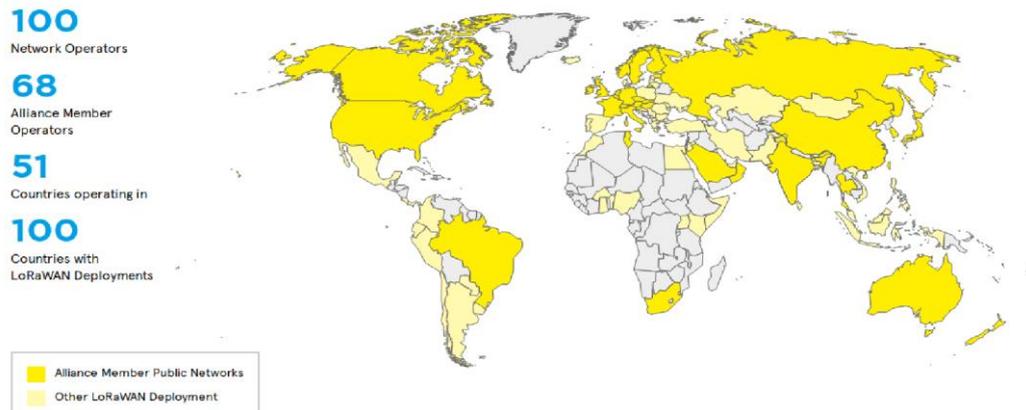
## 2.1 Long-Range (LoRa)

A rede *Long-Range* (LoRa) é uma solução sem fio sub-GHz em frequência não licenciada que endereça demandas para conexão entre dispositivos para 14 aplicações de baixo consumo, longa distância (em alguns locais é possível conseguir 15 km) e baixo custo de infraestrutura, considerando-se o grande número de nós (NUNES, 2017).

Neste contexto, Silva Junior (2016) descreve a LoRa como uma tecnologia de rádio frequência que permite comunicação a longas distâncias com consumo mínimo de energia. Baseia-se em uma rede com topologia estrela, similar a uma rede de telefonia celular.

Na Figura 2, é possível observar a expansão da rede LoRa e que tem tido bastante aderência ao redor do mundo. Neste caso, existem 100 Operadores de rede, 68 Operadores de membros da aliança, 51 Países em operação, 100 Países com implantações da LoRaWAN.

**Figura 2** - Rede LoRa em escala mundial



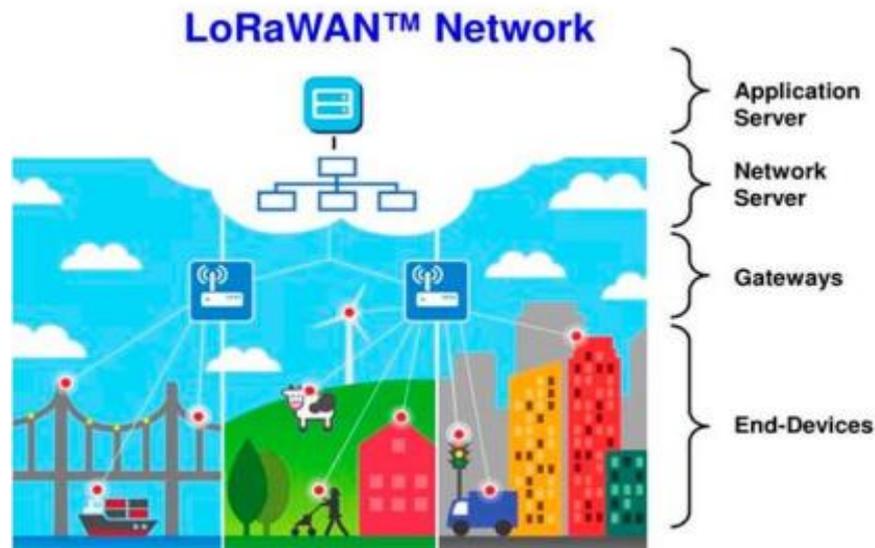
**Fonte:** LoRa Alliance, 2019

Pode-se dizer que a tecnologia LoRa permite uma comunicação a longas distâncias, tornando-a ideal para o monitoramento, controle e proteção. Conforme Vidal (2017), a LoRa corresponde à camada física: o nome LoRa diz respeito à camada física. Sendo que a camada lógica é chamada de LoRaWAN, o protocolo em si, implementado em um *stack* programado nos processadores integrados aos módulos ou *kits* de desenvolvimento.

Sobre a arquitetura da rede LoRaWAN, em Lora Alliance (2018), é possível confirmar que a arquitetura de rede LoRaWAN é implantada em uma topologia de estrelas em que os *gateways* retransmitem mensagens entre os dispositivos finais e um servidor de rede central. Os *gateways* são conectados ao servidor de rede por meio de conexões *IP* padrão e atuam como uma ponte transparente, simplesmente convertendo pacotes *RF* em pacotes *IP* e vice-versa. A comunicação sem fio aproveita as características de LoRa, permitindo um *link* de um único salto entre o dispositivo final e um ou vários *gateways*. Todos os modos são capazes de comunicação bidirecional.

A Figura 3 mostra as camadas de aplicação de uma rede LoRaWAN, onde os *end-devices* (aparelhos finais) representam sensores que são os elementos básicos da rede, *gateways* que são os receptores dos sinais enviados pelos módulos (*network server*), que são os servidores de rede responsáveis pelos gerenciamentos das informações enviadas pelos *gateways* e *application server* que são os servidores de aplicações.

Figura 3 - LoRaWAN



Fonte: LoRa Alliance, 2018.

Um *gateway* pode receber dados de milhares de dispositivos e conforme a topologia ele pode ter alcance entre 2 e 15 quilômetros. Para atender as mais diversas necessidades no *protocolo* LoRaWAN são definidas três classes de dispositivos (módulos), conforme Silva Junior (2016):

- Classe A – Sensores para a Comunicação bidirecional, recepção após transmissão. (Os módulos só podem receber dados em janelas de tempo pré-16 determinadas e imediatamente após realizarem uma transmissão).
- Classe B - Atuadores da Comunicação bidirecional, com janelas de recepção agendadas.
- Classe C - Bidirecional recepção de dados praticamente sem atraso. Nesta classe, o módulo sempre está apto a receber dados do *gateway*.

## 2.2 Sistemas Embarcados

Segundo Delai (2013), sistemas embarcados estão relacionados ao uso de *Hardware* (eletrônica) e *Software* (instruções) incorporados em um dispositivo com um objetivo pré-definido. A diferença entre um sistema embarcado e um computador de propósito geral está justamente na objetividade. Computadores como *desktops*, *notebooks* e afins são máquinas multiobjetivo, ou seja, foram criadas e dimensionadas para atuar num domínio de funções muito

grande. Já os sistemas embarcados possuem dimensionamento de recursos direcionado a um domínio de objetivos bem menores, ou mesmo singular.

### **2.3 Wireless Sensor Networks**

Para Abbasi *et al.* (2014), sensor é uma tecnologia capaz de colher dados do mundo físico e transformá-los em informação para um monitorador. Alguns exemplos de sensores são os de pressão, temperatura, umidade, velocidade do vento, entre outros. *Wireless Sensor Network (WSN)* é um conjunto de vários sensores chamados de sensores de nó. Esses nós são capazes de colher dados do mundo físico e processá-los para então enviá-los para uma aplicação remota apenas o necessário, tornando-os assim dispositivos inteligentes (AKYILDIZ *et al.*, 2002).

A arquitetura da WSN é dividida em três camadas: nós sensores, nó coletor e nó de processamento. Os nós sensores, são nós que coletam ou executam alguma ação no ambiente; nó coletor, tem como função agrupar todas as informações geradas pelos nós sensores e enviá-las a um nó de processamento; nó de processamento, são nós que tem a maior taxa de processamento na rede e são encarregados de fazer todo o processamento das informações enviadas pelo nó agrupador (ABBASI *et al.*, 2014).

Yick, Mukherjee e Ghosal (2008) existem 5 tipos de WSNs: terrestre, subaquática, subterrânea, móvel e multimídia. A WSN terrestre são sensores implantados sobre o solo em uma determinada área, diferente da subterrânea, que são sensores implantados dentro do solo. Os nós sensores subaquáticos são implantados na água, por este motivo, há uma dificuldade maior de implantação devido a interferência da água entre a comunicação do nó sensor e o nó de processamento. Os sensores móveis são aqueles que conseguem se locomover sobre o ambiente físico, permitindo a coleta de dados em diferentes pontos da área. Por fim a WSN multimídia é uma rede de sensores que captam dados através de áudio, vídeo ou imagem, o principal problema da multimídia é a alta demanda da largura da banda.

Existe também a *Wireless Sensor and Actuator Network (WSAN)* é uma variação da WSN, a única diferença é a presença de nós atuadores localizados na mesma camada dos nós sensores. Com a presença dos nós atuadores, a WSAN passa a ter controle sobre o mundo físico, como o controle de válvulas, bombas e outras coisas (ABBASI *et al.*, 2014).

### 2.3.1 Sensores de nível

Os sensores de nível medem a altura de um líquido dentro de um recipiente, podendo ser do tipo discreto ou contínuo, ou seja, um sensor de nível é um dispositivo utilizado para controlar líquidos ou sólidos granulados acondicionados em 32 reservatórios, silos e tanques, abertos ou pressurizados. Sua aplicação é voltada para o controle de fluxo e na medição contínua.

Os Sensores De Nível Discretos detectam quando o líquido atinge um determinado nível. As tecnologias mais empregadas são as boias com chave de nível, fotocélulas, sondas com eletrodos que detectam a resistência.

Os Sensores De Nível Contínuos fornecem um sinal proporcional ao nível do líquido. De forma geral, os medidores contínuos apresentam saída em corrente de 4-20mA, sendo 4mA o menor nível e 20mA o maior nível a ser medido. Desta forma, o medidor deve ser calibrado para o vaso a ser utilizado e a escala é interpretada pelo dispositivo, como um CLP.

Na Figura 4, pode-se verificar um sensor.

**Figura 4** - Sensor de nível para líquidos



**Fonte:** Autoria própria

Os medidores de nível, no geral, possuem uma saída para o acionamento de um relé, que provê a tensão necessária para o acionamento do equipamento ligado. No presente trabalho, foram utilizados sensores de nível contínuo.

## 2.4 Computação em Nuvem

Conforme Javed (2017, p. 252):

Plataformas de IoT oferecem aos desenvolvedores a capacidade de desenvolver, implantar e gerenciar suas aplicações de IoT a partir de um local central único e de forma segura. As plataformas de IoT aceleram o processo de desenvolvimento oferecendo as ferramentas necessárias em um ambiente baseado em nuvem, o que significa que desenvolvedores não precisam gastar tempo com instalações.

O servidor em nuvem da *ubidots* é uma plataforma de IoT que permite upload de dados sem custo algum. Finalmente, no sentido de monitorar grandezas numéricas (tensão, corrente, potência e temperatura) é uma boa pedida. (BERTOLETI, 2016).

Conforme assegura Javed (2017), pode-se dizer que para uma plataforma de IoT bom serão necessárias várias ferramentas que auxiliem as aplicações de IoT. Neste contexto, fica claro que a plataforma *ubidots* condiz com as aplicações desse estudo, pois ela oferece recursos de banco de dados, configuração para envio de alertas e integração com dispositivos.

## 2.5 Microcontroladores

Consideram-se os microcontroladores pastilhas inteligentes constituídas por um processador, pinos de entradas/saídas e memória. Por meio da programação dos mesmos podem-se definir suas saídas e entradas, baseado nas entradas ou em um programa interno (MARTINS, 2005).

Basicamente, um microcontrolador incorpora no mesmo encapsulamento o microprocessador, a memória de programa e a memória de dados. Além disso, possui uma série de pinos com entradas e saídas e vários periféricos, resultando em um hardware final complexo. Normalmente a diferença entre estas características é o que diferencia os microcontroladores (MARTINS, 2005).

Dentre as funções de cada etapa que contém um microcontrolador pode-se citar:

- Memória de programa: armazenamento permanente das instruções do programa;
- Microprocessador: processamento dos dados e interpretação das instruções do programa;
- Memória de dados: memoriza os resultados das operações do programa; Pinos de entradas e saídas – comunica o microcontrolador com o ambiente externo;
- Periféricos: comunicação, controle de interrupção, modulação PWM, entre outros.

Os microprocessadores começaram a ser empregados em computadores por volta da década de 70 com o objetivo de melhorar a eficiência no processamento de dados. A Intel foi uma das primeiras a aplicar os microcontroladores. (DAL AGNOL, 2018).

Por fim, para elucidar este microcontrolador o Quadro 1 faz uma comparação entre alguns microcontroladores que se assemelham com ESP32.

**Quadro 1** - Comparação entre alguns microcontroladores

Chip (Módulo)	Esp32 (ESP-WROOM-32)	Esp8266 (ESP8266-12E)	CC32 (CC3220MODS F)	Xbee (XB2B-WPS-001)
<b>Detalhes</b>				
CPU	Tensilica Xtensa LX6 32bit Dual-Core at 160/240 MHz	Tensilica LX106 32 bit at 80 MHz(up to 160 MHz)	ARM Cortex-M4 at 80 MHz	N/A
SRAM	520 KB	36 kB avaiLable	256 KB	N/A
FLASH	2MB(max.64MB)	4MB(max.16MB)	1MB(max.32MB)	N/A
Voltagem	2.2 V para 3.6 V	3.0 V para 3.6	2.3 para 3.6	3.14 para 3.46V
Corrente Operacional	80 mA média	80 mA média	N/A	N/A
Programável	C, C++, Lua, etc.	C, C++, Lua, etc	C (SimpleLink SDK)	AT amd API commands
Código aberto	Sim	Sim	Não	Não
<b>Conectividade</b>				
Wi-Fi	802.11 b/g/n	802.11 b/g/n	802.11 b/g/n	802.11 b/g/n
Bluetooth	4.2 BR/EDR + BLE	-	-	-
UART	3	2	2	1
<b>Entrada e Saída</b>				
GPIO	32	17	21	10
SPI	4	2	1	1
I2C	2	1	1	-
PWM	8	-	6	-
ADC	18(12-bit)	1(10bit)	4(12-bit)	4(12-bit)
DAC	2(8-bit)	-	-	-
<b>Outros detalhes</b>				
Tamanho	25.5x18.0x2.8 mm	24.0x16.0x3.0 mm	20.5x17.5x2.5 mm	24.0x22.0x3.0 mm
Preço	R\$ 49,10	R\$ 30,69	R\$ 98,20	R\$ 141,16

Fonte: MAIER; SHARP; VAGAPOV (2017) (Traduzido e adaptado).

### 2.5.1 Microcontrolador *ESP32 LORA*

Na Figura 5 é exibido um módulo ESP32 com um pequeno visor incorporado. Há diversos modelos no mercado, porém este modelo será o utilizado visando facilitar o monitoramento e visualização das informações enviadas pelos sensores.



Fonte: Koyanagi, 2018

O módulo Esp32 é ideal para IoT, tendo em vista a facilidade de programação, suporte a muitas bibliotecas e interface com Arduino. Também se tem a possibilidade de optar pelo módulo Esp32 com LoRa que possibilita uma comunicação entre os equipamentos em longa distâncias. A implantação dos módulos Esp32 para o controle de dispositivos pode também ser usado para controle, monitoramento e pode levar a ganhos consideráveis.

A placa WiFi LoRa 32 é voltada ao uso em IoT. Desenvolvida pela empresa Heltec Automation, conta com um módulo ESP32, tecnologia LoRa com chip SX1276, display OLED de 0,96 polegadas e ainda está equipado com circuito de carga e descarga de bateria de lítio. Essa placa tem as dimensões de 25x52x10 mm (AUTOMATIZACG, 2018).

Esp32 está equipado com *Wifi*, *Bluetooth Low Energy* e o processador *Tensilica LX6 Dual Core* operando com até 240 Mhz de velocidade, trabalhando junto ao transceptor de *LoRa SX1276* capaz de realização transmissões sem fio na frequência de 915 MHz com um baixo consumo de energia, longo alcance e grande capacidade anti-interferência.

Para a *interface* homem máquina, pode ser utilizado o *display OLED* de 0,96 polegada, com uma resolução de 128x64 px. A programação pode ser auxiliada com o *Chip CP2102* da *Silicon LAB* para fazer a conversão *USB/Serial* e conseqüentemente à conexão com o computador pessoal. O manual do fabricante apresenta todas as características técnicas da placa

Esp32 e deve ser consultado para a implementação de qualquer projeto.

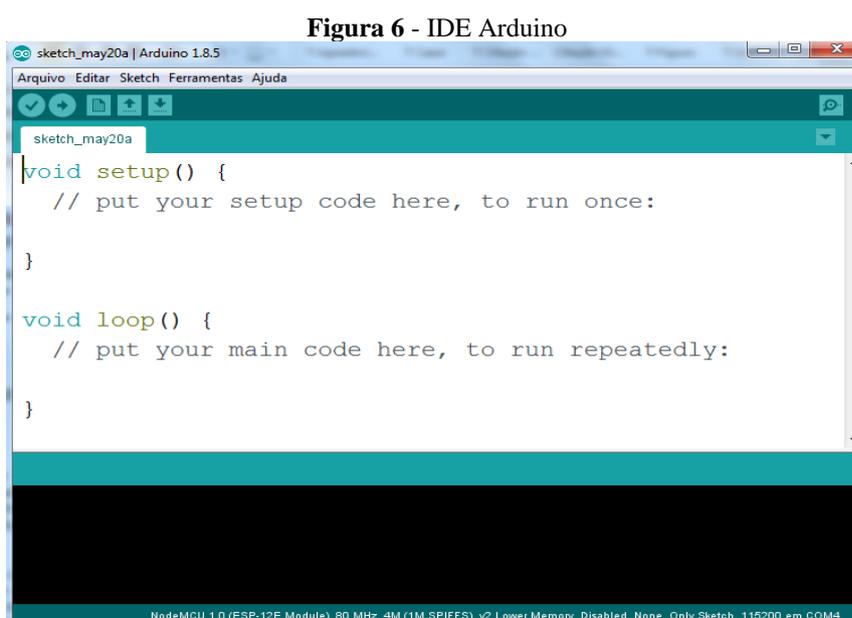
Com a placa *WiFi LoRa Esp32* é possível desenvolver inúmeras aplicações de automação residencial, industrial, rural, sistemas de localização, infraestrutura de serviços, controle remoto de sensores e atuadores entre outras muitas aplicações voltadas para IoT (AUTOMATIZACG, 2018).

## 2.6 Ambiente de Desenvolvimento Integrado do Arduino – IDE

A *Integrated Development Environment* (IDE) é o ambiente de desenvolvimento integrado para programação do Arduino. De acordo com Monk (2015 *apud* CARTAXO, 2018), é uma ferramenta simples se comparada com outras IDEs, como Eclipse ou Visual Studio, mas os comandos são semelhantes e de fácil utilização.

Segundo Frizzarin (2016 *apud* Cartaxo, 2018), o *software* foi desenvolvido para ser multiplataforma e escrito na linguagem Java, sendo que a linguagem para programação é uma variação de C, baseada em *Wiring* que é uma plataforma de prototipagem. As vantagens do uso da IDE Arduino são: linguagem de programação simples e acessível e *software* livre.

A Figura 6 mostra a tela inicial da IDE do Arduino com uma *interface* amigável e de fácil compreensão.



**Fonte:** Monk (2015)

## 2.7 Desenvolvimento Rural Sustentável e Inovações Tecnológicas

Tradicionalmente, a região do Nordeste é identificada como a região mais apontada de períodos de estiagem, evento este causador por impasses ao meio ambiente e sociedade. O fato é caracterizado pela decadência da precipitação das chuvas ou pela situação de abaixo do valor significativo necessário para a sobrevivência do ecossistema e é causado por fatores climático (latitude, altitude, continentalidade e maritimidade, massas de ar e correntes marítimas) e por fatores antrópicos (desmatamento e emissão de gases causadores do efeito estufa) (BEZERRA, 2016).

A expressão seminário comumente é utilizada para caracterizar o clima e região onde ocorre precipitações médias anuais entre 250 e 500 mm. O semiárido brasileiro inclui os seguintes estados: Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Minas Gerais (AZEVEDO, 2014).

O território nordestino brasileiro tem sido, nos últimos anos, castigado pelos reflexos dos baixos índices pluviométricos, particularmente na região corresponde ao semiárido. As baixas precipitações têm acomodado situações consideráveis críticas, induzindo diretamente na disponibilidade hídrica, ou seja, os níveis dos reservatórios, nos quais são responsáveis pelos armazenamentos das águas superficiais reservada aos múltiplos usos determinados pelos poderes tornaram limitados, com os níveis abaixo da regularidade (BEZERRA, 2016).

A utilização da água na região semiárida para fins produtivos geralmente esteve muito associada à propriedade da terra e, a população carente, manteve-se, ao longo dos anos, circunscrita ao atendimento de água para consumo humano, quer seja, nos intervalos de estiagem ou através de carros pipa, perfuração de poços ou, de forma mais definitiva, com a construção de pequenas barragens, adutoras e cisternas (CERQUEIRA, 2017).

A obtenção direta de água das chuvas através das cisternas para o fornecimento familiar rural difuso no semiárido brasileiro é uma possibilidade viável, tanto no ponto de vista tecnológico como econômico, sendo assim socialmente interessante. Nessas condições tem assegurado como uma maneira de baixo custo, grande êxito e adequado para todo o semiárido brasileiro para a dificuldade difusa de água para o consumo humano (SARMENTO, 2017).

De acordo com o Ministério da Cidade e Secretaria Especial do Desenvolvimento Social (2019), a cisterna é uma técnica inovadora que surgiu para contenção de água nos períodos chuvosos. Além disso, se torna uma solução que auxilia positivamente a população de baixa renda, na qual é a mais prejudicada com a seca nestes períodos. Entretanto, as cisternas são categorizadas em três tipos, elas são: I) Cisterna familiar; II) Cisterna Escolar; e III) Cisterna

de água para produção. No entanto, neste estudo será focado nas cisternas no âmbito familiar. Na Figura 7 é demonstrado um exemplo desta cisterna.

**Figura 7** - Cisternas para âmbito familiar



Fonte – Autoria própria

## 2.8 Trabalhos Relacionados

A investigação feita por Santos (2017) foi desenvolvida para viabilizar o estudo e uma análise sobre o tema de automação residencial para o auxílio no controle e otimização de recursos hídricos em uma unidade residencial, possibilitando estudar os conceitos que englobam a concepção *Open Source* e a aplicação de *Internet of Things*.

Contudo, a análise feita por (MACHADO e RUSCHE, 2017), apresenta-se uma revisão sistemática da literatura com o objetivo de identificar e analisar os componentes, modelos e métodos das soluções existentes que integram BIM e IoT, para o monitoramento e controle do consumo de energia em edificações.

O estudo de caso de Hermany e Cagliari (2017), analisou as principais tecnologias de sensoriamento e apresentou formas de monitoramento e controle, por meio de uma automação de baixo custo, para a otimização da utilização dos recursos hídricos e da energia elétrica. Com

a crescente evolução da IoT, tecnologias de *hardware* e *software* livres, como a plataforma Arduino, têm ganhado popularidade pela fácil utilização e possibilidades de aplicação para os mais diversos fins, permitindo também que melhorias e alterações sejam feitas facilmente, sem a necessidade de altos investimentos.

As pesquisas têm relação com tal estudo por conta de correlacionarem IoT, Recursos Hídricos, utilização microcontroladores e sensores para monitoramento e controle de recursos em edificações e no caso de as cisternas serem essenciais para a vida em tempos de seca no semiárido.

## 2.9 Segurança da informação em dispositivos IoT

A segurança da informação diz relaciona-se à proteção de definidos dados, pretendendo a proteção de seus valores para uma empresa ou um indivíduo. Podemos entender como informação todo o conteúdo com capacidade de armazenamento ou transferência, que serve a definição objetivo e que tem alguma utilidade para o ser humano (GRÜDTNER, 2017).

O mesmo autor diz que toneladas de informações trafegam todos os dias pela rede, sendo grande parte destas originadas por dados recolhidos por dispositivos de borda, e eles precisam estar protegidos contra ataques. Em redes sem fio, as informações são extremamente vulneráveis e, sem um mecanismo seguro contra invasões, será um prato cheio para os invasores. Com isso surge uma enorme necessidade de segurança das informações.

O acrônimo CIA (*Confidentiality, Integrity and Availability*) representa os principais atributos da segurança de informação – confidencialidade, integridade e disponibilidade – que orientam a análise, o planejamento e a implementação da segurança para a proteção de determinado grupo de informações. Outros atributos importantes são a irretratabilidade, a autenticidade e a conformidade. Com o rápido crescimento do *e-commerce* (comércio eletrônico), a privacidade é também uma grande preocupação.

A *confidencialidade* define que o acesso das informações são limitadas àquelas autorizadas pelo proprietário da informação; a *integridade* garante que a informação manipulada mantenha todas as propriedades originais estabelecidas pelo proprietário da informação; a *disponibilidade* garante que a informação esteja sempre disponível para usuários autorizados por seu proprietário; a *autenticidade* refere-se a garantia de que a informação é original e não foi manipulada e distorcida ao longo de um processo;

Com o crescimento da *IOT*, os parâmetros sobre a segurança não são de hoje e precisam ser feitos. Como o IoT sua implantação, novos desafios na segurança, logo, é muito relevante

que estes desafios sejam enfrentados e que soluções sejam sugeridas, para encontrar soluções capazes de garantir a segurança do usuário, dos objetos interconectados e os produtos oferecidos. Se os serviços e produtos ofertados pelo IoT não estiverem protegidos, os mesmos poderão ser alvos de ataques de terceiros, levando a exposição de dados sensíveis e também a uma sobrecarga de energia (RIBEIRO, 2018).

De acordo com a autora, na IoT há uma interconexão de dispositivos, onde vários objetos se encontram conectados, caso um deles tenha sua segurança comprometida e conectado à *internet* irá afetar todo o conjunto de dispositivos conectados, assim prejudicando a segurança e a resiliência da *internet*. É mais fácil e útil conceituar a segurança dos objetos IoT, como um espectro de vulnerabilidade que os mesmos estão sujeitos no dia a dia.

Sabe-se que a IoT ainda se encontra bem longe de estar completamente segura contra os problemas de segurança que afligem a *internet*, ainda mais levando em consideração de que a mesma enfrenta questões a mais de segurança, devido a suas peculiaridades e desafios, a seguir são citados algumas:

- Comunicações feitas por meio de redes sem fio, onde qualquer indivíduo com más intenções pode interceptar transmissões, se comunicar através desse meio e modificar o que o usuário vê na tela de seu dispositivo. É necessário um serviço de autenticação que se refere à garantia de que a comunicação entre os dispositivos será autêntica, ou seja, o serviço irá assegurar de que a conexão não sofrerá interferência de um agente externo se passando por uma das partes legítimas.
- Os dispositivos podem ser acessados fisicamente, podendo ser colocados em locais públicos ao alcance de vários indivíduos. Precisa haver um controle de acesso, que consiste na prevenção do uso não autorizado de um recurso, com a capacidade de limitação do acesso.
- Na IoT é preciso a confidencialidade dos dados, em que tenha proteção das mensagens enviadas pelos usuários dentro de uma comunicação, impossibilitando que um atacante consiga observar o conteúdo transmitido e as características de informação.
- É preciso zelar pela integridade, onde haverá a garantia de que as informações serão mantidas em seu estado original, protegendo contra alterações indesejadas.
- O não-repúdio, é a proteção contra uma possível negação de uma das partes durante a comunicação, ou seja, ambas as partes podem comprovar que a mensagem foi recebida ou enviada.

Outro desafio à segurança está relacionado a sobrecarga adicional de recursos

computacionais que pode vir a ocorrer, onde a capacidade de poder confiar nas mensagens transmitidas não é totalmente sem desvantagens. Pois, executar medidas de segurança como o código criptografado adicional para a garantia de que as comunicações serão confiáveis, pode acarretar na demanda de recursos computacionais como:

- Energia, onde o dispositivo deverá ser mantido em modo ativo e não em modo de baixo consumo de energia, consumindo mais energia utilizada para operar unidades de CPU durante a execução de algum algoritmo;
- Tempo adicional do CPU, o mesmo terá que dedicar mais tempo na execução de criptografias, tirando sua atenção de outros códigos relacionadas ao próprio CPU;
- Será consumido uma quantidade maior de memória RAM, chegando até mesmo a ser permanente caso o estado de operação precise;
- Afetará a memória permanente, pois o código aumentará de tamanho na adição de primitivas criptográficas;

Ao adicionar medidas de segurança, será necessário a escolha apropriada tanto de dispositivos, quanto de primitivas adotadas para melhorar a funcionalidade do dispositivo sem que o mesmo seja prejudicado no processo. Caso isso não seja feito, teremos alguns impactos negativos, como o aumento de consumo de energia, redução de funcionalidades, grande demanda de recursos, e diminuição da rapidez acarretando na insuficiência de resposta em tempo real.

### 3 METODOLOGIA

O objetivo deste trabalho se concentra em investigar tecnologias baseadas em IoT de baixo custo para gerenciamento de cisternas usando sensores e microcontrolador para transmissão e recebimento de dados, e, a partir disto, desenvolver uma solução para controle e monitoramento das águas das cisternas para conscientização da população para economizar. Diante disto, o percurso metodológico da pesquisa foi traçado de acordo com as atividades ilustradas na Figura 8.

**Figura 8** - Processo Metodológico da Pesquisa



**Fonte:** Próprio autor

O primeiro passo do percurso metodológico será identificar estudos correlatos em monografias da própria instituição e em trabalhos externos, para que seja possível analisar as contribuições destes para esta pesquisa e também gerar possíveis discussões entre as soluções tecnológicas para melhorar a gestão de recursos hídricos das cisternas.

Em seguida, o estudo será direcionado para a investigação de soluções de baixo custo em tecnologias baseadas em IoT que resolvam o problema definido nesta pesquisa. Para que as possibilidades sejam analisadas e com base nisso, o desenvolvimento do sistema de gestão e manuseio de recursos de águas em cisternas será planejado pensando em todas as questões relacionadas à esta etapa.

Por fim, o sistema será implementado, e, a partir disto, avaliado com a utilização da Esp32 LORA e sensores utilizando uma rede local. Após conclusão e testes de funcionamento em bancada, eficiência do protótipo e do *software* desenvolvido que serão aplicados nas cisternas para comprovação de aplicabilidade da proposta de solução.

A pesquisa se apresenta como exploratória, a qual proporciona maior familiaridade com o problema, tornando-o explícito e construindo hipóteses sobre ele. Por ser um tipo de pesquisa muito específica, quase sempre ela assume a forma de um estudo de caso (GIL, 2010).

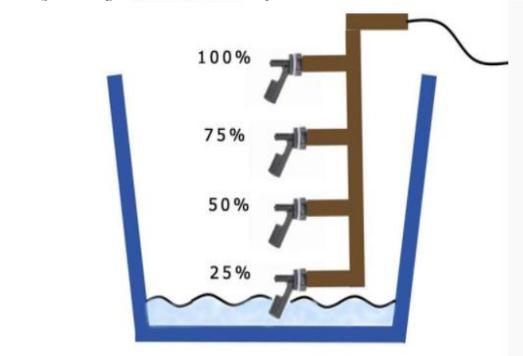
## 4 PROTÓTIPO DO PROJETO

Neste capítulo será exposto os detalhes do desenvolvimento do projeto, como protótipo físico, descrição, desenvolvimento e custos.

### 4.1 Protótipo físico

O protótipo físico do projeto é composto por sensores, atuadores, microcontroladores e tecnologias de comunicação. Na figura 9, pode-se notar como os sensores são colocados em caixa d'água, e, dependendo do caso, pode-se usar vários níveis. Observa-se quatro níveis na figura, porém no projeto do presente trabalho foi implementado apenas três níveis.

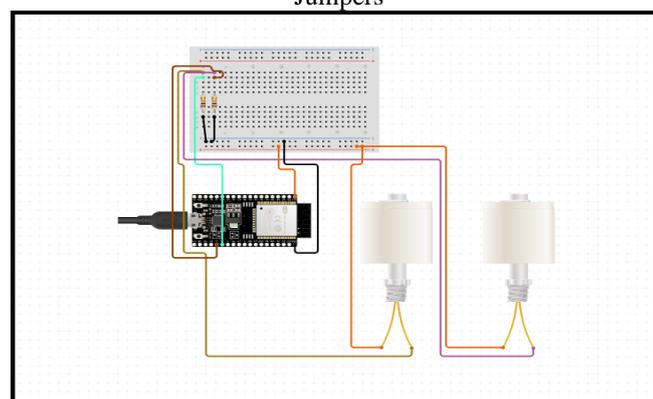
**Figura 9** - Esboço Projeto Prático Esp32 com sensores de Nível na Cisterna



Fonte: Autoria própria.

A figura 10 mostra o esquema de conexão entre os dispositivos, são eles: um ESP32 LoRA, três sensores de nível do tipo boia, um protoboard, um cabo USB e jumpers.

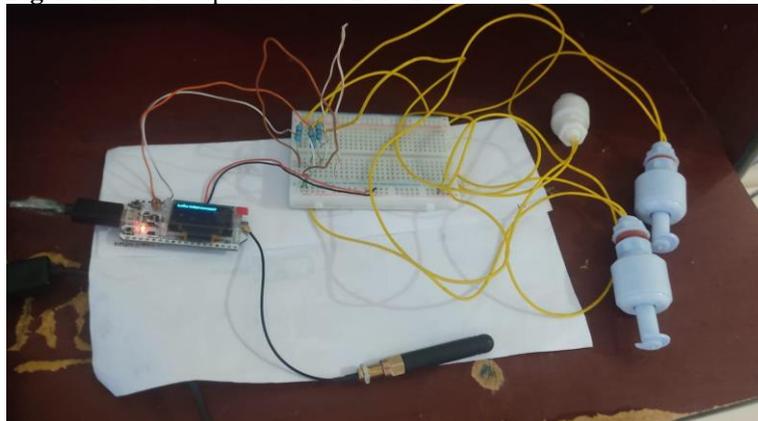
**Figura 10** - Componentes projeto: 1 esp32 lora, 3 sensores de nível tipo boia, 1 Protoboard, 1 Cabo USB, Jumpers



Fonte: <https://wokwi.com/>

A figura 11 mostra o protótipo físico da ESP32 Lora com os sensores de nível. Pode-se observar as conexões dos dispositivos e os três sensores.

**Figura 11** - Protótipo Físico da ESP32 Lora Com os Sensores de Nível



Fonte: Autoria própria.

Para a implementação e teste do protótipo, os componentes foram implementados em uma vasilha para simular uma caixa d'água. E foi adicionado água para verificar a confiabilidade dos sensores. Os resultados são mostrados no capítulo resultados e discussão.

## 4.2 Descrição do projeto

Para a construção do atual trabalho foi feita uma pesquisa sobre o estado da arte, a fim de ampliar o conhecimento sobre os equipamentos (sensores, atuadores, microcontroladores e tecnologias de comunicação) disponíveis para operação e monitoramento remoto pelo envio e recebimento de eventos. Objetivo do levantamento bibliográfico foi identificar estudos que apresentassem correlação com a proposta em discussão.

O *hardware* foi instalando as placas Esp32, os sensores de nível. Todos os componentes foram interconectados através de jumpers.

## 4.3 Desenvolvimento

O sistema de *software* foi desenvolvido utilizando a IDE do Arduino. O código fonte algoritmos para envio e recebimento de sinais digitais que são coletados pelos sensores e microcontroladores.

O sistema de *hardware* se comunica através da rede *LoRa* e *WiFi*, sendo que o *hardware* principal a ESP32 conectada a um sinal de *internet* que possibilita o envio e recebimento de informações e comandos para o usuário.

Todo o código fonte desenvolvido para receber as mensagens dos sensores, processar as informações e exibir ao usuário o resultado foi desenvolvido na linguagem de programação C++ e está anexado no final do trabalho, em apêndices.

#### **4.5 Microcontrolador ESP32**

ESP32 é uma placa microcontroladora voltada ao mundo da *IoT*, desenvolvida pela empresa Heltec Automation, e está equipada com Wi-Fi, Bluetooth *Low Energy* e o processador Tensilica LX6 Dual Core, operando com até 240 Mhz de velocidade, junto ao transceptor de *LoRa* SX1276, capaz de realizar transmissões sem fio na frequência de 915 MHz com baixo consumo de energia, longo alcance e grande capacidade anti-interferência.

Para realizar a interface homem máquina, foi utilizado o display OLED, de 0,96 polegada e cor azul, tendo uma resolução de 128x64 px e baixíssimo consumo de energia, por se tratar de tecnologia OLED, necessitando apenas de um conector para bateria de lítio com circuito de carga e descarga para baterias de 3,7V e até 1000 mAh (Maier, 2017).

O ESP32 é constituído por um robusto processador, foi projetado com um modelo que pode ser single ou dual-core de 32-bits (com dois núcleos físicos de processamento) que pode chegar a trabalhar com frequências de *clock* de até 240 MHz, além de contar com uma vantagem enorme com relação a sua capacidade de armazenamento sendo exponencialmente maior se comparada com a dos já consagrados microcontroladores Arduíno, podendo chegar a ser o dobro tomando como base a memória flash, se comparada com o modelo ATmega 2560 (IBRAHIM, 2017).

#### **4.5 Custos do projeto**

Uma parte importante da proposta de gerenciamento de cisternas através de tecnologias IoT é o baixo custo, tornando-o acessível para pessoas com baixa renda. Todas as peças utilizadas para elaboração do projeto estão expostas na tabela 1.

**Tabela 1** - Tabela de custos

<b>COMPONENTE</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>CUSTO (R\$)</b>
ESP32 LORA OLED	1	88,54
Jumpers	40	12,26
Sensores de Nível (Boia)	3	49,20
Protoboard 400 pontos	1	12,26
Resistores	3	3,00
Cabo USB	1	9,90
<b>TOTAL</b>	<b>49</b>	<b>175,16</b>

**Fonte:** Autoria própria, 2023

Como pode ser observado, todo o projeto custou apenas 175,16 (cento e setenta e cinco reais e dezesseis centavos), um valor baixo, comparado a outras tecnologias existentes no mercado.

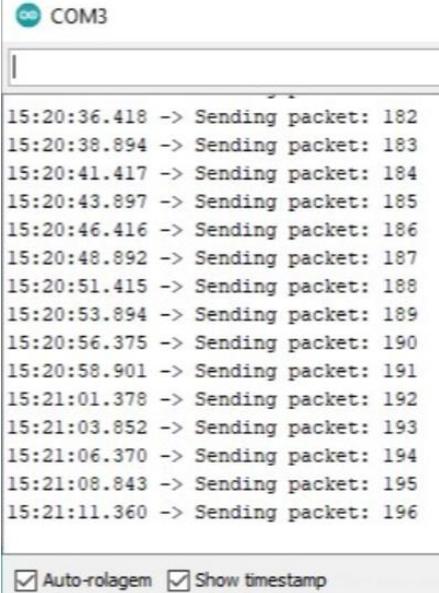
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a finalização de todas as etapas do projeto e concluída sua instalação, foi realizado os testes em relação às suas funcionalidades de monitoramento, que envolve a conexão do circuito da ESP32 com os sensores de nível tipo boia e a execução do código fonte para comunicação com os sensores e o dispositivo receptor.

Uma vez que a instalação foi concluída com sucesso, os sensores de nível foram conectados à ESP32. A ESP32 é uma placa microcontrolador com recursos avançados que permite a leitura dos dados dos sensores e sua transmissão para um sistema de monitoramento.

Durante os testes, foram verificados diversos aspectos do sistema de monitoramento. Primeiramente, verificou-se se os sensores de nível estavam funcionando corretamente. Isto envolveu a detecção precisa dos níveis de líquido e a transmissão dos dados para a ESP32. Como mostra a figura 12.

**Figura 12** - Envio de mensagens dos sensores



The image shows a screenshot of a serial terminal window titled 'COM3'. The window displays a list of 15 lines of data, each representing a packet sent at a specific time. The data is as follows:

Timestamp	Action	Packet ID
15:20:36.418	-> Sending packet:	182
15:20:38.894	-> Sending packet:	183
15:20:41.417	-> Sending packet:	184
15:20:43.897	-> Sending packet:	185
15:20:46.416	-> Sending packet:	186
15:20:48.892	-> Sending packet:	187
15:20:51.415	-> Sending packet:	188
15:20:53.894	-> Sending packet:	189
15:20:56.375	-> Sending packet:	190
15:20:58.901	-> Sending packet:	191
15:21:01.378	-> Sending packet:	192
15:21:03.852	-> Sending packet:	193
15:21:06.370	-> Sending packet:	194
15:21:08.843	-> Sending packet:	195
15:21:11.360	-> Sending packet:	196

At the bottom of the window, there are two checked checkboxes: 'Auto-rolagem' and 'Show timestamp'.

**Fonte:** Autoria própria

Em seguida, a ESP32 foi testada quanto à sua capacidade de receber os dados dos sensores de nível e transmiti-los para o sistema de monitoramento. Foram realizados testes de comunicação para garantir que os dados estavam sendo transmitidos de forma confiável e sem perdas. Como pode ser observado na figura 13, o ESP32 recebendo os dados dos sensores.

**Figura 13** - ESP32 recebendo os dados dos sensores

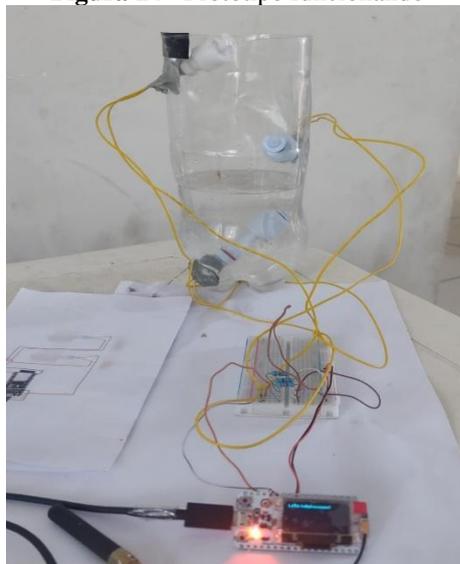


**Fonte:** Autoria própria

Além disso, foram realizados testes de integração entre o sistema de monitoramento e a ESP32. Isto envolveu a verificação da compatibilidade dos protocolos de comunicação, como MQTT ou HTTP, e a correta configuração dos parâmetros de conexão.

Por fim, o sistema de monitoramento foi testado em relação à sua capacidade de receber os dados dos sensores de nível e apresentá-los de forma adequada aos usuários. Foram realizados testes de visualização dos dados em tempo real e de histórico de medições. A figura 14 mostra o protótipo do gerenciamento da cisterna, onde pode-se notar os sensores colados em um recipiente. Ao encher o recipiente, os sensores começam a atuar e enviar pacotes de mensagens para o EPS32, uma vez recebido o pacote, o ESP32 notificará através de um led.

**Figura 14** - Protótipo funcionando



**Fonte:** Autoria própria

Após a conclusão dos testes e a verificação de que todas as funcionalidades do sistema de monitoramento estavam operando corretamente, o projeto foi considerado finalizado e pronto para ser utilizado em sua aplicação específica.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho objetivou o desenvolvimento de um protótipo de sistema de monitoramento de recursos hídricos em uma cisterna disponíveis e que sejam de baixo custo de implementação. Esta análise permitiu uma evolução baseada em outros experimentos já publicados. O protótipo mostrou resultados satisfatórios, uma vez que o principal objetivo foi alcançado, mostrando-se uma alternativa para a implementação de um sistema de gerenciamento de cisternas.

Um ponto importante no objetivo do presente trabalho foram os custos. Todos os dispositivos usados deveriam ser com um custo baixo, isto foi exposto na tabela de custos, onde foi especificado todos os dispositivos usados e seus preços. No total, o valor foi de 175,16 (cento e setenta e cinco reais e dezesseis centavos), beneficiando, assim, famílias de baixa renda e que possuam cisternas.

Além do baixo custo, pode-se notar também o baixo consumo energético, uma vez os dispositivos usados, como *bluetooth low energy* economiza cerca de 100 vezes menos energia em relação a outros tipos.

Para atingir tais condições, foi fundamental a utilização de um microcontrolador seguro e com grande versatilidade, características encontradas no ESP32 por ter grande poder de processamento e também possuir o módulo *wifi* integrado a sua estrutura, se apresentando como uma alternativa economicamente acessível, reduzindo a necessidade de cabos e espaço para as conexões físicas.

Sendo assim, em pesquisas futuras, pretende-se avaliar, de forma mais detalhada e ampla, o uso de IoT no gerenciamento de recursos hídricos disponíveis, com o objetivo de descobrir oportunidades ainda desconhecidas.

Para o desenvolvimento de trabalhos futuros, destacam-se os seguintes objetivos a serem almeçados: implementação de sensores mais precisos para saber quantidade exata de litros no reservatório; criação de plataforma de *IoT* própria para monitoramento; utilização da conexão *bluetooth* do ESP32 para configuração da rede *WiFi* e otimizar as conexões e buscar sensores de sem fio.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. S. G. D; CAGNIN, FAGUNDES, **A Indústria Do Futuro No Brasil e no Mundo**, 2019.

AUTOMATIZACG. **Placa Wifi LoRa 32** – Esp32/LoRa/Display OLED. Automatizacg: 2018. Disponível em: <<http://automatizacg.com/shop/lora-868-915-mhz-sx1278-com-esp32-antena-e-display-oled>>. Acesso em: 23 out. 2022.

BERTOLETI, P. Raspberry Pi e ThingSpeak. **FilipeFlop**. 2016. Disponível em:<<https://www.filipeflop.com/blog/raspberry-pi-e-thingspeak/>>. Acesso em: 23 nov. 2022.

CARTAXO, Márlon César Tavares. **Protótipo de Sistema de Controle, Proteção e Monitoramento Remoto Para Transformadores De Distribuição e Rede Elétrica De Baixa Tensão**. 2018. 70 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência da Computação, Universidade Estadual da Paraíba, Patos, 2018.

CONCEIÇÃO JÚNIOR, A. L. **Redes sem Fio: Protocolo Bluetooth Aplicado em Interconexão entre Dispositivos**. Teleco: 2012. Disponível em: <[http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialredespaid/pagina\\_3.asp](http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialredespaid/pagina_3.asp)>. Acesso em: 12 jan. 2023.

CURVELLO, A. **ESP32** – Um grande aliado para o Maker IoT. FilipeFlop.blog: 2018. Disponível em: < <http://www.filipeflop.com/blog/esp32-um-grande-aliado-para-o-maker-iot/>>. Acesso em: 07 abr. 2023.

DAL AGNOL, CLEITON. **Comparação Entre Microcontroladores E Aplicação Do Fpga No Controle Do Conversor Boost**. 2018

DEMETRAS, E. **SCT-013**: sensor de corrente alternada com arduino. Vida de Silício: 2017. Disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br/sct-013-sensor-de-corrente-alternada/>>. Acesso em: 23 dez. 2022.

DUNN, W. C. **Fundamentos de Instrumentação Industrial e Controle de Processos**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

FRENZEL JÚNIOR, L. E. **Eletrônica Moderna: fundamentos, dispositivos, circuitos e sistemas**. Porto Alegre: AMGH, 2015.

FRIZZARIN, F. B. **Arduino: guia para colocar suas ideias em prática**. São Paulo: Editora Casa do Código, 2016.

GBK ROBOTICS. **Sensores**. GBK Robotics: 2018. Disponível em: <<https://www.gbkrobotics.com.br/sensores>>. Acesso em: 04 mai. 2023.

GIL, A. C. **Como elaborar Projetos de Pesquisa**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GRÜDTNER, L. D. **Segurança No Contexto De Iot E Fog Computing** , 2017.

IBRAHIM, Dragan. **The Complete ESP32 Projects Guide**. 1a. ed. [S.l.]: Elektor Digital, 2017.

JAVED, A. **Criando Projetos com Arduino para a Internet das Coisas**. 2 ed. São Paulo: Novatec Ltda, 2017.

KAGAN, N.; OLIVEIRA, C. C. B.; ROBBA, E. J. **Introdução aos Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica**. 2 ed. São Paulo: Blucher, 2010.

KOYANAGI, F. **ESP32 Longa Distância: LoRaWan**. Fernando K: 2018. Disponível em: <<http://www.fernandok.com/2018/01/esp32-longa-distancia-lorawan.html>>. Acesso em: 08 set. 2022

LORA ALLIANCE. **What is the LoRaWAN Specification?**. LoRa Alliance: 2018. Disponível em: <<https://lora-alliance.org/about-lorawan>>. Acesso em: 15 out. 2022

LOUREIRO, C. A. H.; SCHMITT, M. A. R.; PERES, A.; OLIVEIRA, A. M. **Redes de Computadores III: níveis de enlace e físico**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

Maier, A.; Sharp, A.; Vagapov, Y. **Comparative analysis and practical implementation of the esp32 microcontroller module for the internet of things**. In: *2017 Internet Technologies and Applications (ITA)*, IEEE, 2017.

MAGRANI, EDUARDO. **A internet das coisas** — Rio de Janeiro: FGV Editora, 2018.

MONK, S. **Programação com Arduino II: passos avançados com sketches**. Porto Alegre: Bookman, 2015.

NUNES, B. **Introdução a LoRa®, NB-IoT e Sigfox**. Embarcados: 2017. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/lora-nb-iot-e-sigfox/>>. 17 nov. 2022

OLIVEIRA, A. M.; OLIVEIRA NETO, A. M.; BUENO, R. C. **SCILAB: uma abordagem prática aplicada a problemas reais da engenharia**. São Paulo: ArteSam: 2016.

OLIVEIRA, S. **Internet das Coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry Pi**. São Paulo: Novatec, 2017.

PADUA, F. J. L. **Alocação de MODEM PLC utilizando SNR em uma rede elétrica de baixa tensão**. 2014. 82 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira. 2014.

PESSÔA, M. S. P.; SPINOLA, M. M. **Introdução à Automação para cursos de engenharia e gestão**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

RIBEIRO, R. M. O. **Segurança em IoT: Simulação de ataque em uma rede RPL utilizando Contiki**, 2018.

SANTANA, A.C.A. **Avaliação do gerenciamento da cisterna calçadão, enquanto tecnologia ambiental utilizada por família de agricultores no semiárido pernambucano**. 2015.

SANTOS, B.P.; **Internet das Coisas: da Teoria à Prática**, UFMG.2016.

SILVA JUNIOR, V. P. (2016). Conheça a tecnologia LoRa® e o protocolo LoRaWAN. Embarcados: 2016. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/conheca-tecnologia-lora-e-o-protocolo-lorawan/>>. Acesso em: 10 mai. 2022.

WOOTTON, G. **Internet das Coisas: uma visão ampla, humana e livre**. 2 ed. Joinville: Clube de Autores, 2016.

## APÊNCIDE A – Código fonte em linguagem C++ do protótipo

```

// Inclua as bibliotecas necessárias
#include <WiFi.h>
#include <PubSubClient.h>

// Defina as informações da sua rede Wi-Fi
const char* ssid = "Tely 58647_5G";
const char* password = "universitarios";

// Defina as configurações do servidor MQTT
const char* mqtt_server = "endereco_do_servidor_mqtt";
const int mqtt_port = 1883;
const char* mqtt_user = "usuario_mqtt";
const char* mqtt_password = "senha_mqtt";

// Defina os pinos dos sensores de nível
const int sensorPin1 = 12; // Nível vazio
const int sensorPin2 = 13; // Nível médio
const int sensorPin3 = 14; // Nível máximo

// Variáveis para armazenar o estado dos sensores
int sensorState1 = 0;
int sensorState2 = 0;
int sensorState3 = 0;

// Objeto cliente MQTT
WiFiClient espClient;
PubSubClient client(espClient);

// Função para conectar-se ao servidor MQTT
void connectToMQTT() {
  while (!client.connected()) {
    Serial.println("Conectando-se ao servidor MQTT...");

    if (client.connect("ESP32Client", mqtt_user, mqtt_password)) {
      Serial.println("Conectado ao servidor MQTT");
    } else {
      Serial.print("Falha na conexão com o servidor MQTT, rc=");
      Serial.print(client.state());
      Serial.println(" Tentando novamente em 5 segundos...");

      delay(5000);
    }
  }
}

```

```

// Função para ler o estado dos sensores de nível
void readSensorStates() {
  sensorState1 = digitalRead(sensorPin1);
  sensorState2 = digitalRead(sensorPin2);
  sensorState3 = digitalRead(sensorPin3);
}

// Função para enviar os estados dos sensores para o servidor MQTT
void publishSensorStates() {
  client.publish("sensor1", String(sensorState1).c_str());
  client.publish("sensor2", String(sensorState2).c_str());
  client.publish("sensor3", String(sensorState3).c_str());
}

// Função para exibir o nível de água
void displayWaterLevel() {
  if (sensorState1 == LOW) {
    Serial.println("Nível de água: Vazio");
  } else if (sensorState2 == LOW) {
    Serial.println("Nível de água: Médio");
  } else if (sensorState3 == LOW) {
    Serial.println("Nível de água: Máximo");
  }
}

// Função para configurar a conexão Wi-Fi
void setupWiFi() {
  Serial.println();
  Serial.print("Conectando-se à rede ");
  Serial.println(ssid);

  WiFi.begin(ssid, password);

  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(1000);
    Serial.print(".");
  }

  Serial.println("");
  Serial.println("Conexão Wi-Fi estabelecida");
  Serial.print("Endereço IP: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
}

// Função de callback chamada quando uma mensagem MQTT é recebida
void callback(char* topic, byte* payload, unsigned int length) {
  // Você pode adicionar código para processar as mensagens recebidas, se necessário
}

```