



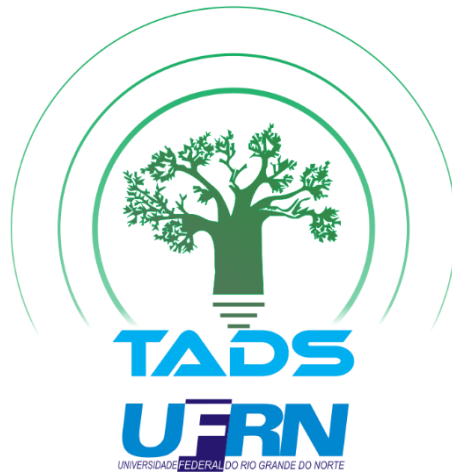
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
UNIDADE ACADÊMICA ESPECIALIZADA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS –  
ESCOLA AGRÍCOLA DE JUNDIAÍ  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE  
SISTEMAS**

**FRANCELINO MARCÍLIO DA SILVA**

**ESTUDO DE CASO SOBRE A ADOÇÃO DA PLATAFORMA THINGSBOARD PARA  
INTERNET DAS COISAS**

**MACAÍBA, RN**

**2021**



FRANCELINO MARCÍLIO DA SILVA

ESTUDO DE CASO SOBRE A ADOÇÃO DA PLATAFORMA THINGSBOARD PARA  
INTERNET DAS COISAS

Monografia apresentada ao curso superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas.

Orientador: Prof. Dr. Taniro Chacon Rodrigues.

MACAÍBA, RN

2021

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN  
Sistema de Bibliotecas - SISBI

Catálogo de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Setorial Prof. Rodolfo Helinski - Escola Agrícola de Jundiá - EAJ

Silva, Francelino Marcílio da.

Estudo de caso sobre a adoção da plataforma ThingsBoard para Internet das coisas / Francelino Marcílio da Silva. - 2021.  
46f.: il.

Monografia (graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias, curso superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas. Macaíba, RN, 2021.

Orientador: Prof. Dr. Taniro Chacon Rodrigues.

1. IoT - Monografia. 2. ThingsBoard - Monografia. 3. Sensores - Monografia. I. Rodrigues, Taniro Chacon. II. Título.

RN/UF/BSPRH

CDU 004.738.5:62-4



Francelino Marcílio da Silva

**Estudo de caso sobre a adoção da plataforma ThingsBoard para Internet das  
Coisas**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado à Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias – Escola Agrícola de Jundiá da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas.

Aprovado em 16 de setembro de 2021.

BANCA EXAMINADORA

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Taniro Chacon Rodrigues - UFRN (orientador)

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Josenalde Barbosa de Oliveira - UFRN

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Leonardo Rodrigues de Lima Teixeira - UFRN

Dedico este trabalho primeiramente a Deus por ter me dado forças em seguir sempre em frente, mesmo quando tudo parecia que ia dar errado. Aos meus pais que sempre estiveram ao meu lado e apoiando meus estudos. A minha esposa Milene Jaqueline que é a pessoa que sempre está ao meu lado em todos os momentos e ao meu filho Saul Gomes da Silva que junto a minha esposa são os maiores incentivadores para que juntos venhamos a ter o sucesso.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por ter iluminado meus caminhos e ter guiado por caminhos certos e me dado forças para continuar sempre, mesmo quando tudo se mostrava que ia dar errado. Aos meus pais Francisco de Assis e Lucila Lopes por sempre estar ao meu lado e sempre apoiando meus estudos. A minha irmã Naiara Gabriela e minha sobrinha Maria Valentine que são sempre importantes em minha vida.

Agradeço a minha esposa Milene Jaqueline que é a mulher que está ao meu lado em todos os momentos da minha vida e sempre contribuindo para alcançar nossos objetivos e uma grande incentivadora para que possa alcançar o melhor que se pode alcançar. Sempre acalmando quando tudo parece que está desmoronando e mostrando o caminho da luz quando tudo está escuro e sempre com amor, carinho e admiração seguiremos juntos em todas as jornadas da vida. Ao meu filho Saul Gomes da Silva que nasceu dia 23 de junho de 2021, que já é uma fonte de inspiração e alegria pra minha família e que busco sempre o meu melhor para que consiga oferecer sempre o melhor pra eles.

Ao professor Taniro Chacon, que foi um orientador com muita paciência e mostrou ser uma grande pessoa do bem, ensinando o saber da educação para alcançar grandes objetivos na carreira acadêmica e profissional. Mostrou-se além de orientador acadêmico um grande amigo que levo além da universidade e sabendo que posso contar sempre com seu apoio.

Aos professores e funcionários da Escola Agrícola de Jundiáí, que contei com privilégio de passarem por minha vida durante todo esse período de formação acadêmica. Aos colegas e amigos de suporte técnico do setor GTI que mostraram como trabalhar em equipe e aprendendo sempre coisas novas.

Agradeço aos amigos que fiz durante o período em que estudei na Escola Agrícola de Jundiáí, em especial Heverton, Ayrton, Wesley, Onildo e Thiago que foram os que compartilhei os momentos de conversas, conselhos

e brincadeiras, além de compartilhar momentos de conhecimentos e aprendizagem durante todo o período de curso.



*Com a tecnologia à nossa  
disposição, as possibilidades são  
ilimitadas. Tudo o que precisamos  
fazer é garantir que continuamos  
conversando.*

*- Stephen Hawking*

## RESUMO

Internet das Coisas é uma área da tecnologia que vem trazendo soluções inovadoras com objetivo de implementar ambientes inteligentes, tais como, cidades, fazendas, indústrias, carros, entre outras aplicações em diversos setores e mercado. Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo realizar um estudo de caso utilizando a plataforma ThingsBoard para o desenvolvimento de aplicações para IoT de forma simples e eficiente. Para demonstrar o uso dessa plataforma são apresentadas soluções IoT já desenvolvidas além de uma nova solução para o setor de compostagem da Escola Agrícola de Jundiá - UFRN dado que tal setor ainda não possui um sistema que otimize o processo de compostagem.

**Palavras-chave:** ThingsBoard. IoT. Sensores.

## **ABSTRACT**

Internet of Things is an area that has been bringing innovative solutions to implement intelligent environments, such as cities, farms, industries, cars, among other applications in various sectors and markets. Thus, the present work performs a case study using the ThingsBoard platform to develop IoT applications using two already developed IoT applications from the Agricultural School of Jundiaí - UFRN. In addition to a new application for the composting sector is proposed because such sector does not have a system to optimize its process.

**Keywords:** ThingsBoard. IoT. Sensors.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
1.1 OBJETIVO PRINCIPAL	14
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>15</b>
2.1 INTERNET DAS COISAS	15
2.2 PLATAFORMAS IoT	16
2.2.1 Fiware	16
2.2.2 Dojot	17
2.2.3 ThingSpeak	17
2.3 ThingsBoard	17
2.4 SISTEMA DE MONITORAMENTO E CONTROLE PARA CULTIVO DE TOMATE	18
2.5 SISTEMA PARA CONTROLE E SUPERVISÃO EM AVIÁRIO	19
2.6 COMPOSTAGEM	21
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>23</b>
3.1 MATERIAIS	23
3.2 MÉTODO	25
<b>4. RESULTADOS</b>	<b>29</b>
4.1 ORÇAMENTO	29
4.2 COLETA DE DADOS	29
4.3 VISUALIZAÇÃO DE GRÁFICOS	31
4.4 ESTUDOS DE CASO	34
4.4.1 Aplicação para aviário	34
4.4.2 Aplicação para casa de vegetação	36
4.4.3 Aplicação para setor de compostagem	37
4.5 DIFICULDADES ENCONTRADAS	38
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>39</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A Internet das Coisas (IoT - do inglês Internet of Things) possibilita adicionar capacidade computacional e de comunicação aos objetos do dia a dia tornando possível sua conexão com a Internet (Santos et al., 2016). A conexão com a rede mundial de computadores viabiliza tanto o controle remoto dos objetos como permite que os objetos sejam acessados como provedores de serviços. Segundo a revista Infor Channel (2021), a cada dia o número de dispositivos conectados à Internet aumenta significativamente. Existem previsões que até o fim de 2022 existirão cerca de 50 bilhões de dispositivos conectados à Internet. Além disso, há estimativa de movimentação de US \$19 trilhões até o ano de 2023, com o Brasil sendo responsável por movimentar cerca de US \$352 bilhões (Infor Channel, 2021).

Em diversos casos, além da capacidade de comunicação, os objetos podem ser dotados de sensores capazes de captar variáveis do ambiente onde estão instalados. A conexão de dispositivos dotados de sensores à Internet pode potencializar o surgimento de várias aplicações. Por exemplo, a utilização de dispositivos com sensores de umidade e temperatura para monitoramento de ambientes controlados de difícil acesso e/ou inóspitos (SUNDMAEKER et al., 2010). Um outro exemplo é o mercado de wearables, equipamentos vestíveis, que estão sendo utilizados no dia a dia para coleta de dados de GPS, batimentos cardíacos, temperatura etc.

Também se destacam aplicações onde sensores são utilizados no setor agrícola e nas indústrias. O setor agrícola é um dos setores que vem ganhando força para a implementação da IoT, pois muitas indústrias de máquinas e implementos agrícolas utilizam de sensores para a operação das máquinas. Com capacidade avançada de automação e comunicação entre os processos, os equipamentos realizam todas as operações por meio de dispositivos de controle inteligentes. As tecnologias mais utilizadas para o agronegócio são sensores e microprocessadores de baixo custo com comunicação baseada em nuvem (DIAS, 2019).

Dentro desse contexto é possível destacar trabalhos recentes desenvolvidos na Escola Agrícola de Jundiáí que demonstram o potencial da adoção dessa tecnologia em cenários como o controle de aviário (LIMA JÚNIOR, 2017) e o controle de estufa (GALVÃO JÚNIOR, 2018).

Em Galvão Júnior (2018), foi desenvolvido um sistema de controle de umidade do solo a partir de sensores implantados em estufa para cultivo de tomate. O sistema é capaz de acionar uma bomba de irrigação e apresentar informações para o usuário através de um aplicativo para smartphone Android. Em Lima Júnior (2017), foi desenvolvido um sistema de controle e supervisão da temperatura e umidade dos ambientes para avicultura considerando o conforto térmico das aves. O Sistema desenvolvido por (LIMA JÚNIOR, 2017), apresenta ainda uma página web com informações em forma de gráficos para que o usuário tenha dados úteis para tomada de decisão segura e ter controle sobre atuadores (lâmpadas e ventiladores) que foram implantados no aviário.

Além dos trabalhos anteriormente citados, existe ainda um grande potencial para implantação de aplicações para IoT dentro da Escola Agrícola de Jundiáí, como por exemplo no setor de compostagem. A compostagem requer a aplicação de técnicas para controlar a decomposição de materiais orgânicos, com a finalidade de obter no menor tempo possível um material estável, rico em húmus e nutrientes minerais, com atributos físicos, químicos e biológicos. Vilela (2019), afirma que para que esse processo de decomposição ocorra como esperado existem fatores que influenciam em seu processo. Alguns desses fatores são temperatura, umidade, pH entre outros. Já existem trabalhos que destacam o uso da tecnologia de IoT no setor de compostagem. Um exemplo de sua aplicabilidade foi um projeto realizado no município de Santo Antônio do Leverger/MT, utilizando sensores de umidade e temperatura para monitorar o processo de compostagem com os resíduos coletados na região (NOGUCHI, 2017).

Dentro do contexto de aplicações para Internet das Coisas, existem várias plataformas que podem ser utilizadas em projetos utilizando IoT, tendo

como exemplo, a plataforma ThingsBoard, Fiware, Dojot, ThingSpeak, entre outras.

Entre as várias opções de plataformas direcionadas a IoT, a plataforma utilizada no desenvolvimento do trabalho é a plataforma ThingsBoard, por ser de fácil uso e ter vários recursos disponíveis. A ThingsBoard pode ser utilizada para coleta, processamento, visualização de dados (com a possibilidade da adoção de diversos gráficos que podem ser configurados) e o gerenciamento de diversos dispositivos IoT. A plataforma oferece o suporte a implantações na nuvem ou local, oferecendo uma visualização dos dados em tempo real e com possibilidade de controlar os dispositivos remotamente (THINGSBOARD, 2021).

### **1.1 Objetivo Principal**

O objetivo deste trabalho é analisar a adoção da plataforma ThingsBoard para o desenvolvimento de aplicações para IoT dentro do contexto da Escola Agrícola de Jundiá. A escolha do ThingsBoard como parte do desenvolvimento do trabalho se deu por ser uma plataforma open source que permite combinar escalabilidade, tolerância a falhas e desempenho.

### **1.2 Objetivos Específicos**

- Demonstrar a viabilidade da adoção da plataforma ThingsBoard para a criação de aplicações rápidas para IoT no setor agrícola;
- Apresentar a plataforma ThingsBoard;
- Mostrar o uso da plataforma ThingsBoard.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

Este capítulo tem por objetivo apresentar conceitos fundamentais dos assuntos abordados no decorrer do trabalho. A Seção 2.1 aborda conceitos sobre Internet das Coisas, mostrando um pouco do potencial da área e explicando sobre protocolos que podem ser utilizados. Logo em seguida na Seção 2.2 tem a apresentação de algumas plataformas IoT. Na Seção 2.3 tem o ThingsBoard, seu potencial e abordagem de usabilidade da plataforma. A Seção 2.4 apresenta o sistema pomodoro para monitoramento de umidade do solo para cultivo de tomate em estufa. A Seção 2.5 apresenta uma aplicação de um site com a implantação de sensores e atuadores para supervisão e controle do aviário. Por fim, a Seção 2.6 apresenta a atividade de compostagem com conceitos de diferentes autores sobre o tema.

### **2.1 Internet das Coisas**

A Internet das Coisas tem a possibilidade de tornar os objetos comuns do dia a dia em objetos inteligentes, através de sensores conectados aos objetos que podem capturar dados de contexto e fornecer informações para o usuário em tempo real. Informações que permitem ao usuário ter a possibilidade de otimizar e adaptar em tempo real as alterações do ambiente (Galegale et al., 2016).

Uma das características mais importantes de uma aplicação para Internet das Coisas é o protocolo de comunicação adotado. É fundamental que seja adotado um protocolo aceito por órgãos de padronização. Dessa forma, a aplicação terá benefícios em termos de interoperabilidade e segurança (SILVA, p. 16, 2019). O Hypertext Transfer Protocol (HTTP) é um protocolo cliente-servidor, ou seja, os dados solicitados são enviados por uma entidade, o agente do usuário que pode ser um proxy em nome dele, cada solicitação individual é enviada para um servidor, que lida com isso e fornece uma resposta (MDN WEB DOCS, 2019).



Outro protocolo de extrema importância em uma aplicação IoT é o Message Queuing Telemetry Transport (MQTT). Esse protocolo é responsável por mensagens de publicações e assinaturas, extremamente simples e leve. O protocolo MQTT foi projetado para dispositivos restritos e redes de baixa largura de banda, alta latência ou tolerância à falha (YUAN, 2017).

O protocolo Publish-Subscribe é um modelo de comunicação distribuída utilizado para lidar com eventos distribuídos em rede. Tem a característica de comunicação assíncrona, de fácil implementação e manutenção (PAIM et al., 2018). Os publishers são responsáveis por publicar eventos e os propagam para os subscribers interessados, os subscribers são responsáveis por consumir os eventos publicados (PENATTI, 2007).

## **2.2 Plataformas IoT**

Nesta subseção são apresentadas algumas das plataformas IoT estudadas.

### **2.2.1 Fiware**

O Fiware é uma plataforma que tem a estrutura de código abertos e define padrões para o gerenciamento de dados de contexto para facilitar o desenvolvimento para soluções inteligentes, como por exemplo cidades inteligentes, indústria inteligentes, energia inteligente, fazendas inteligentes entre outras soluções que podem ser desenvolvidas com o apoio da plataforma (FIWARE FOUNDATION, 2021).

A plataforma disponibiliza vários habilitadores genéricos que são denominados em inglês *Generic Enablers* (GEs) que pode ser encontrado na documentação fornecida pela *Fiware*. Esses *Generic Enablers* são componentes que possuem APIs bem definidas que a plataforma define a seguir um padrão que são utilizadas em diversos desenvolvimentos como no uso de publicação de dados de contexto e processamento dos dados obtidos, visualização de informação de contexto, são algumas formas que as APIs fornece (FIWARE FOUNDATION, 2021).

### 2.2.2 Dojot

O Dojot é uma plataforma de código aberto que foi desenvolvida no Brasil. O Dojot tem o objetivo de facilitar desenvolvimentos de projetos para cidades inteligentes, a princípio com foco em segurança pública, mobilidade urbana e saúde. Embora o foco original da plataforma seja o desenvolvimento de projetos para cidades inteligentes, a Dojot tem sido utilizada com para soluções de IoT nas áreas de saúde, agronegócio e indústria (DOJOT, 2021).

A plataforma disponibiliza APIs abertas de fácil acesso aos recursos do Dojot, disponibilizando o gerenciamento do ciclo de vida de dispositivos, como por exemplo, o planejamento, configuração e monitoramento. A plataforma ainda oferece construção de fluxos de dados e regras de forma visual para processamento de dados em tempo real (DOJOT, 2021).

### 2.2.3 ThingSpeak

ThingSpeak é uma plataforma IoT analítica que permite agregar, visualizar e analisar fluxos de dados em tempo real, permite que os dados coletados sejam enviados dos dispositivos para o ThingSpeak para criar visualizações e enviar alertas utilizando serviços web, como por exemplo, Twitter e Twilio (THINGSPEAK, 2021).

A plataforma disponibiliza para o desenvolvedor escrever e executar código MATLAB (plataforma de programação e computação numérica) para realizar pré-processamento, visualização e análise dos dados. Permite desenvolver aplicações IoT sem a necessidade de configurar servidores ou desenvolver software web (THINGSPEAK, 2021).

### 2.3 ThingsBoard

O ThingsBoard é uma plataforma que permite provisionar e gerenciar dispositivos, assim podendo controlar a aplicação de maneira segura utilizando APIs do lado do servidor. Nessa plataforma é possível definir as

relações entre os dispositivos, clientes ou outras entidades (THINGSBOARD, 2021).

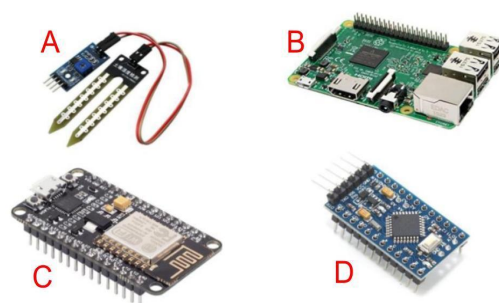
O ThingsBoard disponibiliza coleta e armazenamento de dados de maneira escalável e tolerante a falhas, deixando a aplicação segura e, ao mesmo tempo, dando suporte a grande quantidade de dados. O ThingsBoard é uma ferramenta que depende da Internet para seu funcionamento, assim é possível que dados sejam visualizados com painéis personalizados e flexíveis e que sejam compartilhados com os clientes do sistema (THINGSBOARD, 2021).

A plataforma permite definir regras de processamento de dados para que seja possível criar alarmes de eventos que sejam do interesse do usuário, assim, pode receber informações úteis de acordo com as regras criadas, tais como, uma temperatura que esteja em situação crítica e que o usuário precisa ser alertado sobre essa situação (THINGSBOARD, 2021).

## 2.4 Sistema de monitoramento e controle para cultivo de tomate

Galvão Júnior (2018) desenvolveu um sistema para monitorar e controlar a umidade do solo, implantando sensores dentro de uma casa de vegetação de cultivo de tomates. O sensor utilizado no projeto foi o sensor de umidade do solo, NodeMCU com microcontrolador do tipo ESP8266, um Arduino Pro Mini, e um microprocessador raspberry Pi 3 model B. Todos os dispositivos citados acima são mostrados na Figura 1.

Figura 1 - Dispositivos utilizados no trabalho desenvolvido por Galvão Júnior (2018) A) Sensor de umidade do solo FC-28; B) microprocessador raspberry Pi 3; C) Node MCU; D) arduino pro mini.



Fonte: Google Imagens.

Os sensores foram implantados na estufa localizada na Escola Agrícola de Jundiáí - UFRN. Com os dados da umidade do solo coletados foi possível ativar ou desativar a irrigação. Os dados coletados foram armazenados em um banco de dados MySQL, o aplicativo Android obtém os dados do banco de dados através de um Webservice. O local onde foi instalado o protótipo não tinha acesso à Internet. Quando o aplicativo está com acesso a internet, os dados são encaminhados para o Firebase e a partir daí é possível visualizar o histórico com gráficos. A Figura 2 mostra como foi implantado o sistema no local (GALVÃO JUNIOR, 2018).

Figura 2 - Protótipo do sistema da casa de vegetação.



Fonte: Galvão Júnior (2018).

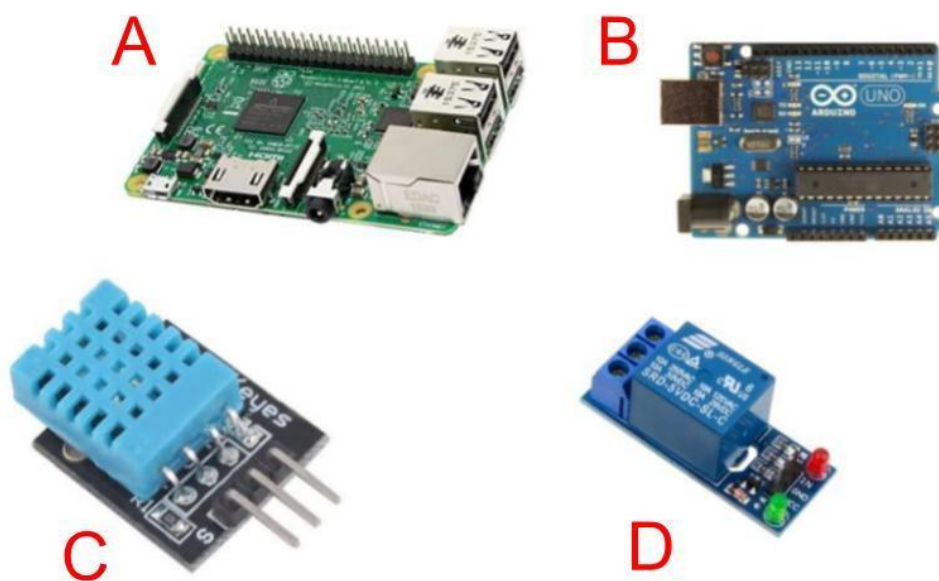
Legenda: Projeto de um sistema de monitoramento e controle para o cultivo de tomate desenvolvido na Escola Agrícola de Jundiáí - UFRN.

## 2.5 Sistema para controle e supervisão em aviário

O trabalho do sistema de controle e supervisão em aviário foi desenvolvido na Escola Agrícola de Jundiáí - UFRN com o objetivo de monitorar e atuar nas variáveis de temperatura e umidade dentro do aviário (LIMA JÚNIOR, 2017).

Lima Júnior (2017) utilizou para o desenvolvimento do projeto alguns dispositivos eletrônicos, como por exemplo, Raspberry Pi 3 Model B, um Arduino Uno Rev3, um sensor DHT11 e um módulo relé. A Figura 3 ilustra todos os dispositivos eletrônicos utilizados no projeto.

Figura 3 - Dispositivos eletrônicos utilizados no trabalho desenvolvido por Lima Júnior.  
A) microprocessador Raspberry Pi 3; B) Arduino Uno Rev3; C) sensor DHT11; D) módulo relé.



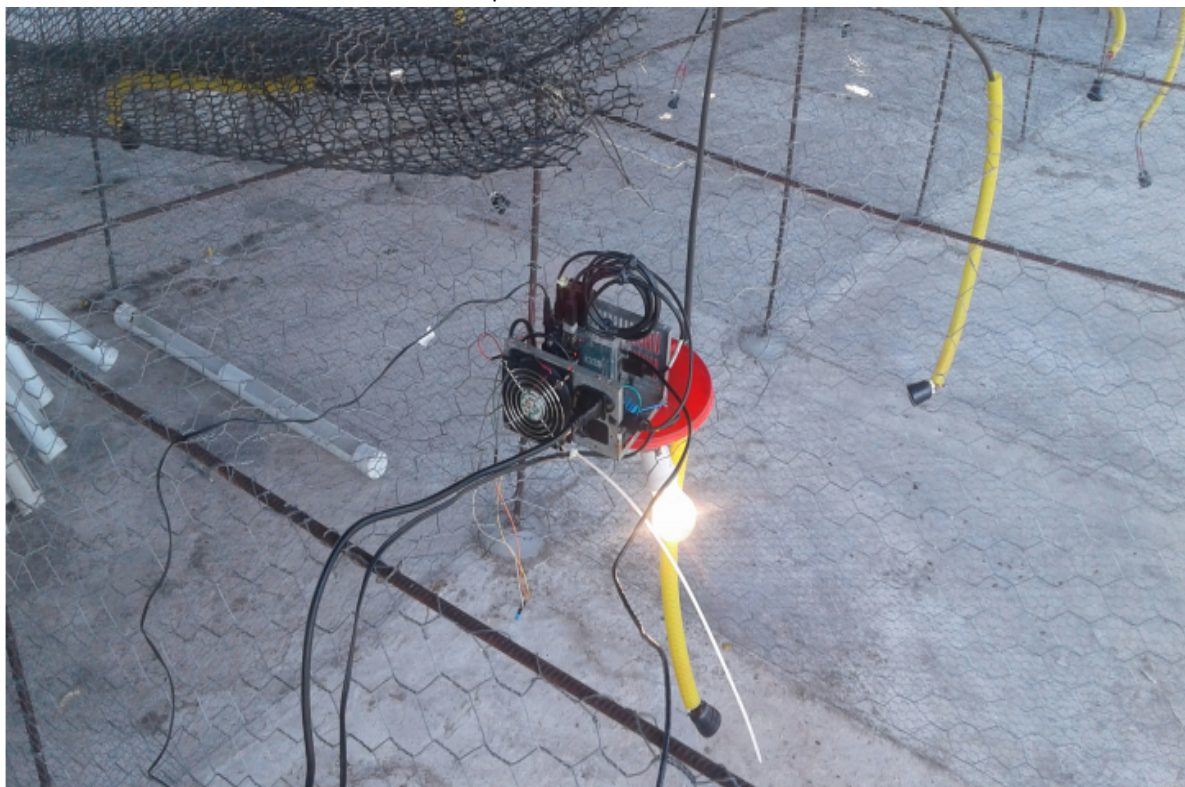
Fonte: Google Imagens.

Segundo Lima Júnior (2017) a dificuldade de controlar a umidade e temperatura do aviário manualmente, leva transtornos para os técnicos que trabalham no local, pois em momentos de calor elevado as aves sofrem desconforto térmico caso os ventiladores não sejam ligados, ou ao contrário, em momentos de frio elevado e caso não sejam ligadas as lâmpadas de aquecimento. isso pode ocorrer por falta de mão de obra no local ou por esquecimento. Os ventiladores e lâmpadas devem ser ligados/desligados em momentos específicos.

O projeto atua coletando dados de umidade e a temperatura e envia para o arduino, logo após os valores obtidos de cada variável são enviados para o raspberry pi. Todos os dados capturados são enviados para um serviço web que será responsável por tratar os dados e fazer a

comunicação com o banco de dados onde são armazenados os dados. O Banco utilizado foi o MongoDB e o local onde foi instalado o protótipo não tinha acesso à Internet. A Figura 4 apresenta o protótipo desenvolvido (LIMA JÚNIOR, 2017).

Figura 4 - Protótipo do sistema para controle e supervisão do aviário desenvolvido por Lima Júnior



Fonte: Lima Júnior (2017).

## 2.6 Compostagem

Nos dias atuais tem-se uma sociedade que vem crescendo expressivamente em sua expansão e com isso o alto consumo de produtos, principalmente industrializado leva a geração de resíduos em grande quantidade. De acordo com Costa (2018, p. 160), o planeta vive uma situação de crise ambiental que é causada pelo consumismo de bens e serviços exagerados e que esse consumo é alto gerador de resíduos.

Esse fato é um dos principais efeitos para o aumento devastador do uso de recursos naturais que conseqüentemente gera resíduos e que não tem uma destinação final adequada. A situação é agravada quando se

tem uma escala global de recursos produzidos de forma errônea e com o uso de tecnologias e capacidade financeira elevada (COSTA et al., p. 161. 2018).

Segundo Gouveia (2012), a forma errada de como os resíduos sólidos são gerenciados faz com que tenha muitos impactos importantes, tanto ambientais como para a saúde da população. E com o crescimento exorbitante desses problemas os resíduos sólidos vem ganhando destaques como um grave problema ambiental. GOVEIA (2012) ainda cita que o manejo adequado dos resíduos é uma iniciativa importante para que se venha ter uma boa estratégia de prevenção do meio ambiente e proteção à saúde da população.

De acordo com Matos Júnior et al. (2017):

A Compostagem é o conjunto de técnicas aplicadas para controlar a decomposição de materiais orgânicos, com a finalidade de obter, no menor tempo possível, um material estável, rico em húmus e nutrientes minerais; com atributos físicos, químicos e biológicos.

O processo de compostagem requer um estudo de alguns fatores para se ter um resultado satisfatório em seu processo por se tratar de fatores biológicos, as condições para que se tenha a degradação eficiente dos compostos os fatores que mais influenciam são temperatura, umidade, aeração, pH e relação carbono/nitrogênio (VILELA, p. 25, 2019).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

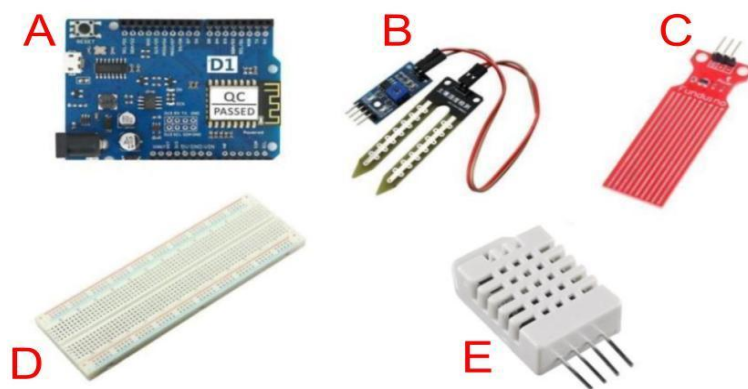
O presente trabalho utiliza o ThingsBoard, uma plataforma open source para IoT, que tem capacidade para realizar processamentos, disponibilizar visualizações e prover o gerenciamento de dispositivos. Também permite a conectividade do dispositivo por meio de protocolos IoT, tais como, MQTT, CoAP (Constrained Application Protocol) que é uma iniciativa de padronização para troca de informações em dispositivos (Porciúncula et al., 2018) e HTTP. A plataforma ThingsBoard fornece suporte a implantação na nuvem ou local (THINGSBOARD, 2021).

Para o monitoramento de experimentação da plataforma foram utilizados sensores de umidade, temperatura, detecção de umidade do solo e sensor de nível de água como será detalhado na Seção 3.1.

#### 3.1 MATERIAIS

Os parágrafos a seguir descrevem cada um dos componentes de hardware ou software que foram utilizados para a coleta e envio dos dados para a plataforma ThingsBoard focando no uso de cada um dos dispositivos e seus objetivos.

Figura 5 - Dispositivos Eletrônicos. A) Placa WeMos D1 ESP8266-12E; B) Sensor de detecção de umidade do solo FC-28; C) Módulo Sensor de Nível de Água; D) Protoboard de 830 furos; E) Sensor de umidade e temperatura DHT22.



Fonte: google Imagens.



A Figura 5 apresenta os dispositivos utilizados no desenvolvimento do trabalho. A protoboard é fundamental para facilitar o desenvolvimento, visto que tem 830 furos para conectar os jumpers com os dispositivos que são utilizados no desenvolvimento do projeto.

A placa WeMos D1 tem conector micro USB e pode ser programada utilizando a IDE Arduino, já vem com o ESP8266 para conexão com internet que é essencial para desenvolvimentos de projetos IoT, possui 11 pinos de I/O e 1 entrada analógica de 3.3V (WEMOS DOCUMENTATION, 2021).

O sensor de detecção de umidade do solo tem a possibilidade de detectar variações de umidade no solo. Quando o solo está seco a saída do sensor fica em estado alto e quando o solo fica úmido a saída fica em seu estado mais baixo. O limite entre seco e úmido pode ser ajustado através do potenciômetro presente no sensor que regulará a saída digital D0 (VIDAL, 2021).

O módulo sensor detector de nível de água tem o objetivo de detectar o nível ou profundidade de água dentro de um recipiente, se o sensor não detecta água na superfície da placa a saída analógica do sensor se mantém zerada e quando o sensor detectar a presença de água a saída analógica irá variar sua leitura sempre acima de zero (Oliveira, 2019). Segundo Liu (2021), o sensor de umidade e temperatura DHT22 permite fazer leituras de temperaturas entre -40 a +80 graus celsius e umidade entre 0 a 100% umidade relativa.

Para a programação dos dispositivos para IoT esse trabalho utiliza a plataforma open source Arduino IDE que possui uma comunidade mundial de criadores contribuindo com projetos utilizando a plataforma Arduino. Desde sua criação até os dias atuais e com a forte comunidade atuante com projetos a plataforma vem se adaptando desde criações de projetos simples até projetos robustos, como por exemplo, criação de produtos aplicados em IoT. O Arduino é fácil para iniciantes, flexível o suficiente para usuários mais experientes e roda nos sistemas operacionais Mac, Windows e Linux. Além de ser utilizado por professores e alunos em projetos científicos de baixo custo (ARDUINO, 2021).

### 3.2 MÉTODO

O processo de desenvolvimento teve início com a configuração da comunicação entre os dispositivos e a plataforma ThingsBoard. Dessa forma, foram executadas algumas etapas de instalação/configuração, a saber: (i) instalação do java 11 (open JDK), (ii) instalação do serviço ThingsBoard, (iii) instalação do PostgreSQL, (iv) configuração do banco de dados PostgreSQL (banco recomendado pela documentação do ThingsBoard para ambientes de desenvolvimento e produção com carga razoável de menor que 5000 msg/s), (v) configuração da plataforma ThingsBoard, (vi) escolha do serviço de fila. Este trabalho utiliza da fila em memória que é a padrão e recomendada para desenvolvimento, atualização de memória para máquinas consideradas lentas, as máquinas lentas são consideradas com 1GB RAM, e (vii) execução do script de instalação e inicialização do serviço ThingsBoard (THINGSBOARD, 2021).

Figura 6 - Tela Inicial do ThingsBoard



Fonte: Autoria própria.

A configuração do servidor ThingsBoard necessita de uma máquina virtual para executar dentro de um ambiente local. Tal configuração pode adicionar uma complexidade maior no desenvolvimento do trabalho. Também podendo adicionar problemas de segurança, visto que precisa de uma máquina com capacidade para rodar uma máquina virtual,

configurações de rede para expor as portas HTTP padrão na máquina virtual para o computador host, do computador host para o modem que por sua vez irá expor uma porta aberta da sua rede local na Internet (THINGSBOARD, 2021). Dessa forma foi adotado o uso do ambiente pré-configurado demo da própria ThingsBoard. O endereço do demo é <https://demo.thingsboard.io>. Assim que o cadastro na plataforma é finalizado o usuário poderá visualizar a parte inicial da página e navegar por diversas opções de configuração. O ambiente demo possui toda configuração necessária para desenvolver uma aplicação escalável e facilitar o desenvolvimento do desenvolvedor utilizando do ambiente configurado na plataforma demo do ThingsBoard.

O usuário administrador autenticado na Interface Web tem a possibilidade de fazer toda a configuração do sistema, como por exemplo, criar o dispositivo que deseja utilizar, configurar o dashboard para visualização dos dados coletados e ter um visual em forma de gráficos para uma análise detalhada dos resultados coletados, criação de regras para que sejam enviadas informações através de email, telegram ou mensagem de texto quando uma temperatura esteja fora do padrão definido ou qualquer outro parâmetro que o usuário deseja ser informado.

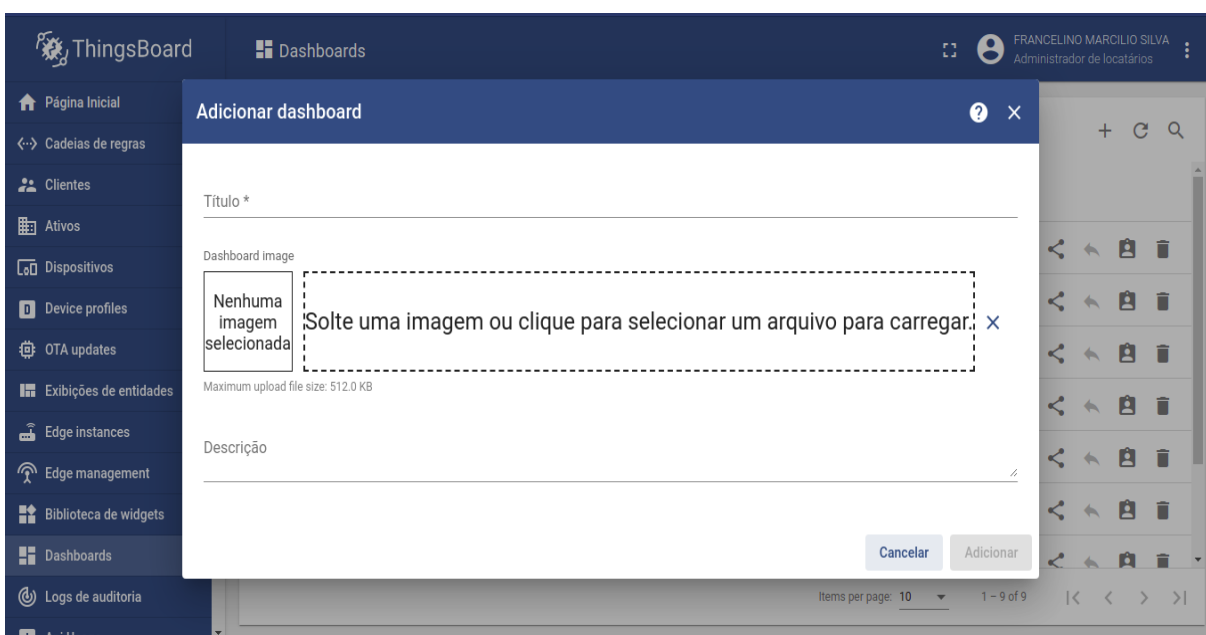
Figura 7 - Tela de adicionar um novo dispositivo

The screenshot shows the 'Adicionar novo dispositivo' (Add new device) form in the ThingsBoard interface. The form is divided into three steps: 1. Device details, 2. Credenciais (Optional), and 3. Cliente (Optional). The 'Device details' step includes fields for 'Nome \*', 'Etiqueta', and 'Device profile \*' (with 'default' selected). There are radio buttons for 'Select existing device profile' (selected) and 'Create new device profile', and a checkbox for 'É gateway'. A 'Descrição' field is also present. At the bottom, there are 'Cancelar' and 'Adicionar' buttons, and a 'Next: Credenciais' button.

Fonte: Autoria própria.

A Figura 7 mostra a tela de cadastro de um novo dispositivo, podendo cadastrar vários dispositivos a critério da necessidade do usuário do sistema. Existe a opção de configurar o dispositivo e associá-lo a um dashboard para visualização dos gráficos relacionados aos dispositivos cadastrados e assim podendo ter uma tomada de decisão em relação aos gráficos dos dados coletados.

Figura 8 - Tela de adicionar um novo dashboard

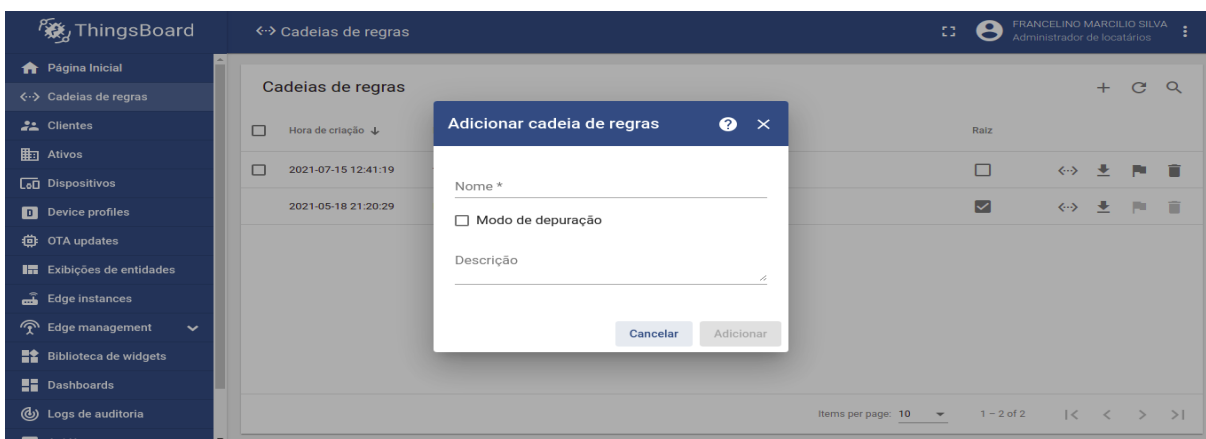


Fonte: Autoria própria.

A tela de cadastrar um novo dashboard como é exemplificado na Figura 8 é de extrema importância para o usuário. Através dos gráficos configurados na tela de dashboard o usuário pode visualizar as informações coletadas. Além disso, é possível configurar regras e associar aos dispositivos e dashboards apresentados na Figura 9. Por exemplo, é possível configurar uma regra que dispare um email ou uma mensagem de telegram para o usuário do sistema quando uma informação de que a temperatura, umidade, nível de água, umidade do solo, temperatura do solo ou outra variável que seja configurada esteja fora do limite permitido e que foi configurada conforme a necessidade do usuário. Dessa forma, o usuário recebe em tempo real as informações que estão sendo coletadas e tem o poder e tomada de decisão. Além disso, o usuário tem a possibilidade de executar alguma ação que também pode ser configurada na plataforma,

como por exemplo ligar ou desligar uma bomba de água, ligar um aquecedor em um ambiente que esteja com a temperatura muito baixa ou desligar quando a temperatura estiver muito elevada.

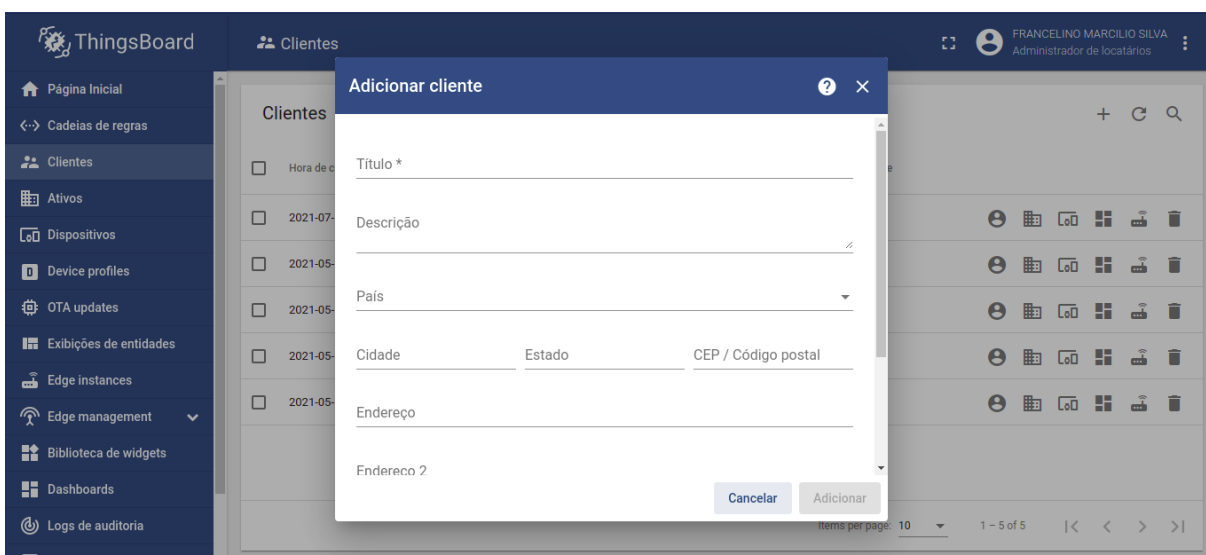
Figura 9 - Tela de adicionar novas regras



Fonte: Autoria própria.

Há ainda a possibilidade de cadastrar um usuário cliente ao sistema como é mostrado na Figura 10. Assim, cadastrando todas as informações necessárias do usuário, ele recebe um email ou um acesso aos dispositivos e dashboard cadastrado. Dessa forma, o usuário cliente pode acessar em tempo real os gráficos e dados de qualquer lugar com acesso a internet.

Figura 10 - Tela de adicionar um novo cliente



Fonte: Autoria própria.

## 4. RESULTADOS

Neste capítulo serão discutidos alguns pontos importantes do trabalho, realizando alguns testes para obter os dados com os sensores e discussões sobre os possíveis cenários que podem ser aplicados a estratégia de utilizar a plataforma ThingsBoard. Além de mostrar as dificuldades encontradas.

### 4.1 Orçamento

Os materiais utilizados para o desenvolvimento do trabalho são de baixo custo e foi possível comprar todos os dispositivos eletrônicos na cidade de Natal/RN, na loja Natalmakers. A tabela abaixo mostra os dispositivos eletrônicos utilizados e seus valores (referentes ao ano de 2021).

Tabela 1 - Orçamento dos dispositivos Eletrônicos utilizados no trabalho

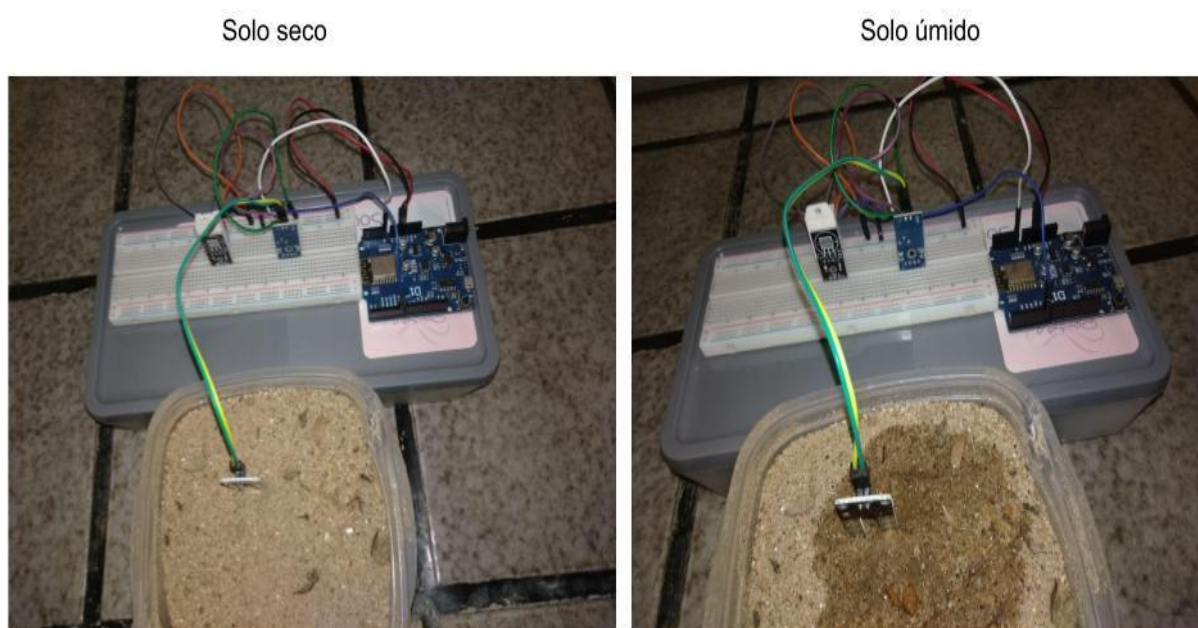
Material	Quantidade	Valor (R\$)
Placa <u>WeMos</u> D1 Esp8266-12E	1	68,40
Sensor de detecção de umidade do solo FC-28	1	12,90
Módulo sensor de nível de água	1	7,90
Sensor de temperatura e umidade do ar DHT22	1	52,80
Protoboard 830 pontos	1	18,90
Jumpers	-	15,90
Total		176,80

### 4.2 Coleta de dados

Os dados foram obtidos com o sensor de temperatura e umidade do ar DHT22, sensor de detecção de umidade do solo e o módulo sensor de

nível de água, utilizando um recipiente com terra e outro com água. A Figura 11 ilustra como foram realizados os testes utilizando o sensor DHT22 e o sensor de umidade do solo, testes com solo seco e úmido para que tenha a variação dos resultados nos gráficos da plataforma ThingsBoard.

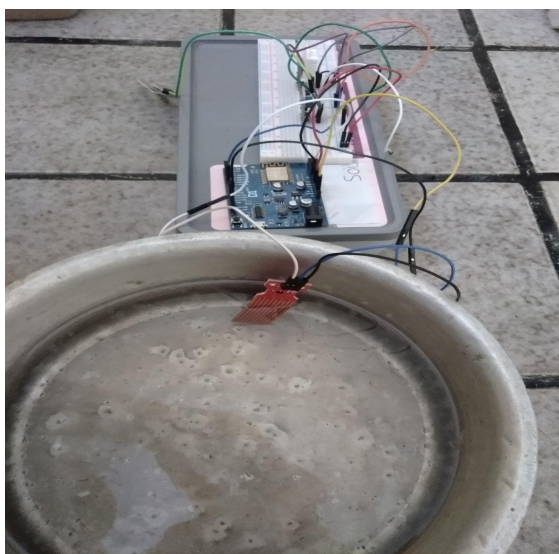
Figura 11 - Teste 1



Fonte: Autoria própria.

Legenda: Testes realizados com Sensor DHT22 e sensor de umidade do solo FC-28

Figura 12 - Teste 2: Testes realizados com Sensor DHT22 e módulo sensor de nível de água



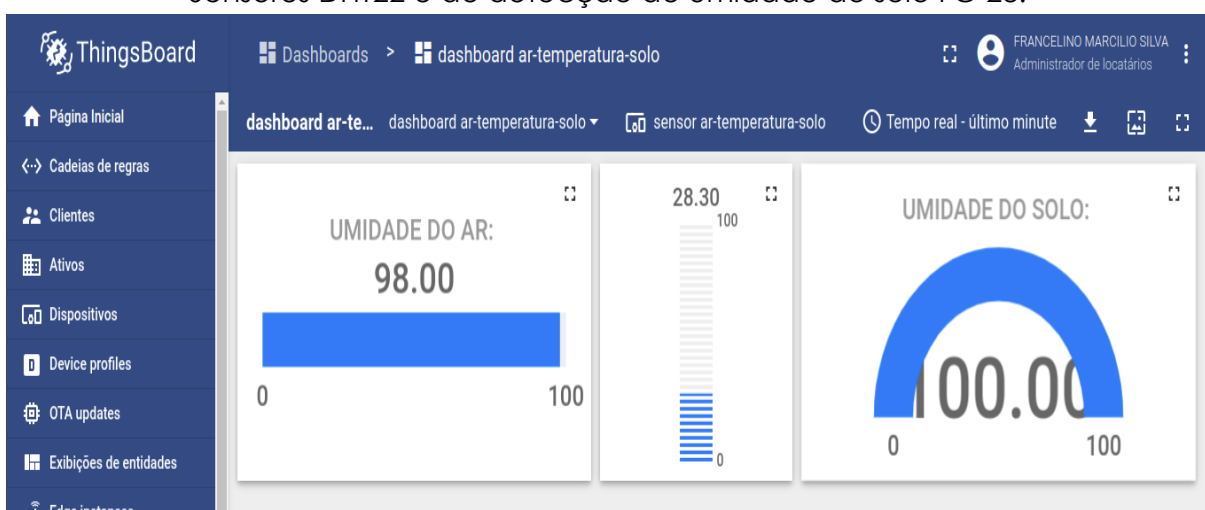
Fonte: Autoria própria.

Os testes realizados com o módulo sensor de nível de água foram separados do sensor de umidade do solo porque a placa WeMos D1 Esp8266-12E possui apenas uma entrada analógica e os dois sensores utilizam da entrada analógica. A Figura 12 mostra os testes realizados com o módulo sensor de nível de água com o sensor DHT22. O módulo de sensor de nível de água foi submerso no recipiente com água lentamente para ser possível visualizar no gráfico a variação de diferentes níveis de água do recipiente.

### 4.3 Visualização de gráficos

Os gráficos foram gerados pela plataforma ThingsBoard através da coleta de dados dos sensores por um período de 48 horas. Foi possível perceber durante esse tempo que a plataforma se manteve estável e gerando os gráficos em tempo real. Durante o período em que a plataforma foi testada, foram realizadas algumas situações para que houvesse a possibilidade de ter o solo úmido e seco, assim poder visualizar a variação gráfica na plataforma. Da mesma forma foram realizadas várias situações de imergir e emergir o sensor de nível de água, assim sendo possível visualizar a variação gráfica.

Figura 13 - Gráficos gerado com o teste 1. Legenda: Gráficos com os testes dos Sensores DHT22 e de detecção de umidade do solo FC-28.

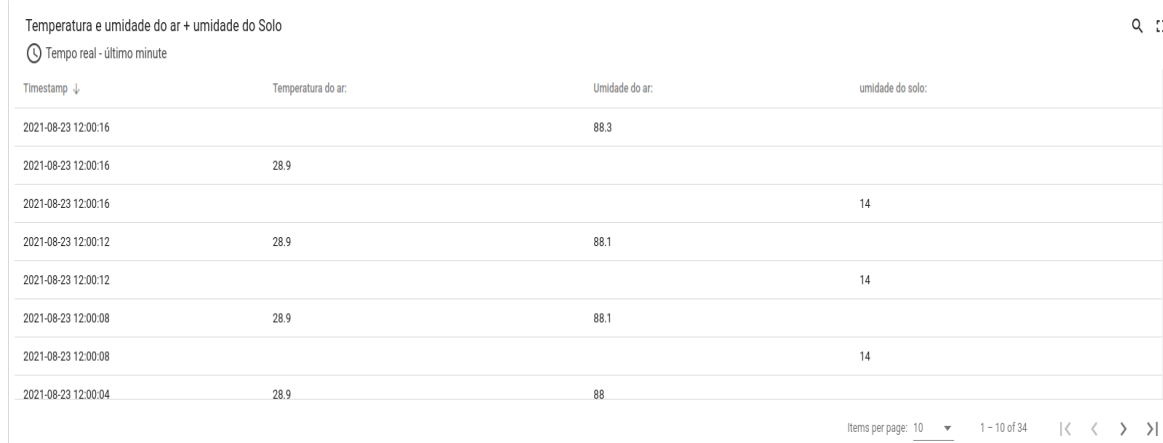


Fonte: Autoria própria.



As Figuras 13 e 14 apresentam os gráficos gerados durante os testes realizados com os sensores. A Figura 13 mostra as variáveis de temperatura, umidade relativa do ar e umidade do solo. À medida que as variáveis sofrem alterações, o dashboard atualiza em tempo real os valores. O dashboard ilustrado na Figura 14 é atualizado com os valores de cada variável com data e horário das alterações.

Figura 14 - Tabela gerada com o teste 1. Tabela configurada no ThingsBoard para testes realizados com os Sensores DHT22 e de detecção de umidade do solo.

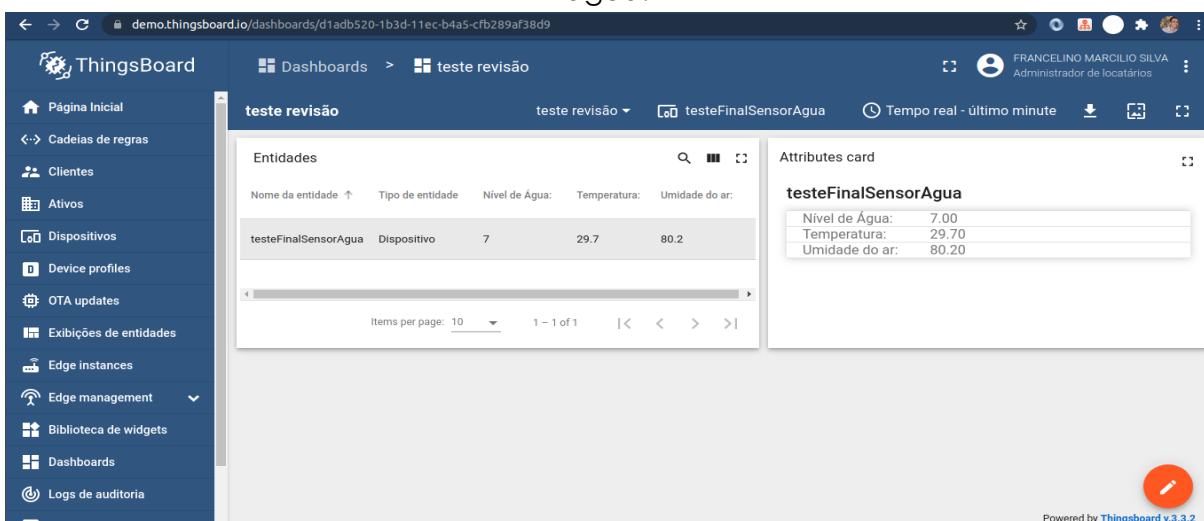


Timestamp ↓	Temperatura do ar:	Umidade do ar:	umidade do solo:
2021-08-23 12:00:16		88.3	
2021-08-23 12:00:16	28.9		
2021-08-23 12:00:16			14
2021-08-23 12:00:12	28.9	88.1	
2021-08-23 12:00:12			14
2021-08-23 12:00:08	28.9	88.1	
2021-08-23 12:00:08			14
2021-08-23 12:00:04	28.9	88	

Fonte: Autoria própria.

Com o intuito de ilustrar várias possibilidades de configuração de gráficos na plataforma ThingsBoard foram realizados testes com os sensores separados e configurando dashboard para cada teste realizado.

Figura 15 - Gráfico com os testes do Sensor DHT22 e módulo sensor de nível de água.



Fonte: Autoria própria.

A comunicação entre os sensores e a plataforma ThingsBoard se deu através da plataforma eletrônica Arduino IDE. Sendo necessário instalar a biblioteca thingsboard e realizar algumas configurações de código para que os dados coletados através dos sensores sejam enviados corretamente para a plataforma ThingsBoard. As Figuras 16, 17 e 18 mostram partes do código necessário para a comunicação entre as plataformas.

Figura 16 - Código parte 1. Bibliotecas utilizadas no desenvolvimento dos testes

```
#include "ThingsBoard.h"
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <DHT.h>
#include <DHT_U.h>

#define WIFI_AP          "Nome da Rede"
#define WIFI_PASSWORD    "Senha da Rede"

#define TOKEN            "8lvd1NWmG3t0FsV8qxx2"
#define THINGSBOARD_SERVER "demo.thingsboard.io"

#define SERIAL_DEBUG_BAUD 115200

WiFiClient espClient;
ThingsBoard tb(espClient);
int status = WL_IDLE_STATUS;
```

Fonte: Autoria própria.

Figura 17 - Código parte 2. Conectando ao ThingsBoard

```
if (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    reconnect();
}

if (!tb.connected()) {
    // Connect to the ThingsBoard
    Serial.print("Connecting to: ");
    Serial.print(THINGSBOARD_SERVER);
    Serial.print(" with token ");
    Serial.println(TOKEN);
    if (!tb.connect(THINGSBOARD_SERVER, TOKEN)) {
        Serial.println("Failed to connect");
        return;
    }
}
```

Fonte: Autoria própria.

Figura 18 - Código parte 3. Capturando os dados e enviando para a plataforma ThingsBoard

```

int umidadeSolo = analogRead(pinSensorA);
umidadeSolo = map(umidadeSolo, 1023, 0, 0, 100);

float temp = dht.readTemperature();
float umidade = dht.readHumidity();

Serial.println("Sending data...");

Serial.print("UMIDADE DO SOLO: ");
Serial.println(umidadeSolo);

Serial.print("TEMPERATURA DO AR: ");
Serial.print(temp);
Serial.print("\xC2\xB0");
Serial.println("C");

Serial.print("UMIDADE DO AR: ");
Serial.print(umidade);
Serial.println("%");
Serial.println();

tb.sendTelemetryInt("umidade do solo: ", umidadeSolo);
tb.sendTelemetryFloat("Temperatura do ar: ", temp);
tb.sendTelemetryFloat("Umidade do ar: ", umidade);

tb.loop();

```

Fonte: Autoria própria.

#### 4.4 Estudos de Caso

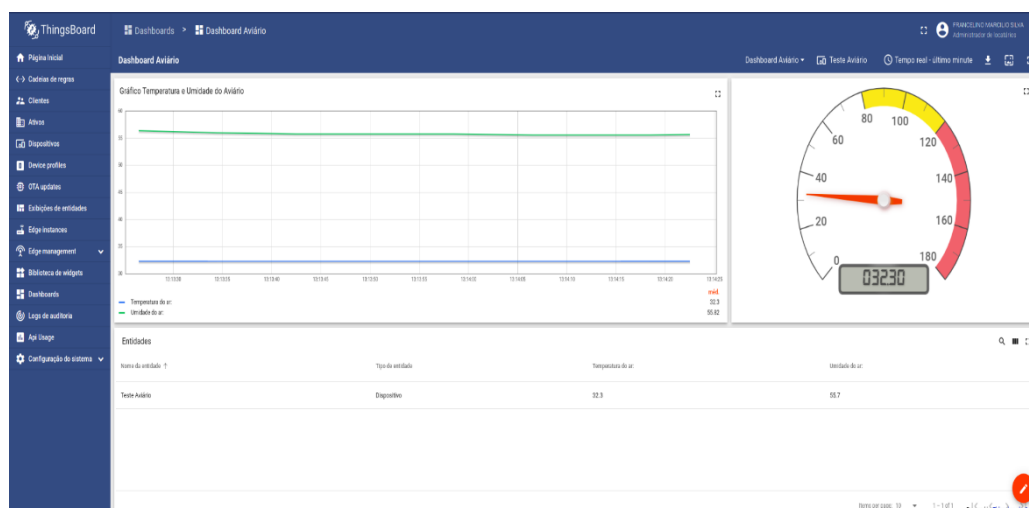
Para analisar a plataforma ThingsBoard para aplicações IoT foram feitos estudos de caso para aplicações que foram desenvolvidas na Escola Agrícola de Jundiáí. Também foi realizado um estudo de caso para o setor de compostagem da Escola Agrícola de Jundiáí, que ainda não tem uma aplicação IoT e tem um potencial para ser desenvolvido um projeto utilizando o ThingsBoard. O intuito do estudo é mostrar o potencial para criar uma solução IoT de forma rápida e simples.

##### 4.4.1 Aplicação para aviário

O Dashboard criado para simular o trabalho do aviário na plataforma ThingsBoard utiliza o sensor DHT22 que coleta os dados de temperatura e umidade. O dashboard mostra o horário, dia e o valor que estão sendo coletados os dados de cada variável configurada, informando a média dos

valores. Além dos gráficos, existe a opção de configurar a cadeia de regras que possibilita enviar um email ou uma mensagem para o telegram do usuário cliente informando algum tipo de alteração. O usuário pode realizar uma tomada de decisão com a informação que receber, como por exemplo uma mensagem informando que a temperatura está fora do limite adequado, a ação pode ser ligar ou desligar um atuador (um ventilador) para que o ambiente do aviário permaneça com a temperatura ou umidade adequada. A plataforma possui uma opção Api Usage que serve para ver a estatística do desempenho do ThingsBoard que é possível saber se houve alguma falha de processamento. Essa opção já vem configurada por padrão.

Figura 19 - Dashboard 1. Dashboard teste de simulação do aviário (Temperatura e Umidade)



Fonte: Autoria própria.

Figura 20 - Dashboard 2. Dashboard Api Usage



Fonte: Autoria própria.

#### 4.4.2 Aplicação para casa de vegetação

O dashboard para simular o monitoramento e controle da casa de vegetação de cultivo de tomate utiliza o sensor de umidade do solo para coletar os dados de umidade do solo e envia para o ThingsBoard gerar os gráficos para que o usuário tenha a possibilidade de controle da casa de vegetação de qualquer lugar com conexão com a internet. O gráfico do histórico de umidade do solo é gerado em função dos dias e horários. O ThingsBoard é responsivo e o usuário tem a possibilidade de abrir a plataforma em um smartphone.

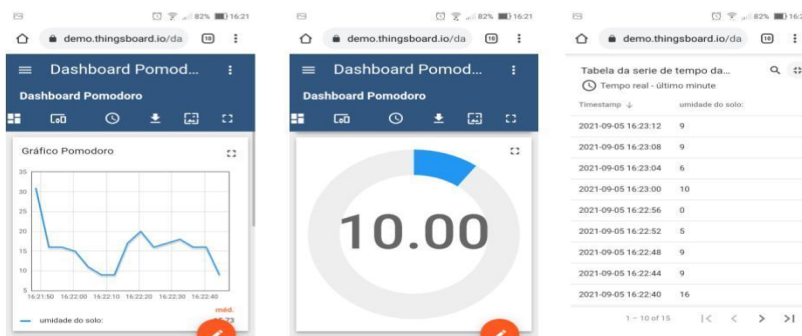
Figura 21 - Dashboard 3. Dashboard teste de simulação do Pomodoro (Umidade do Solo)



Fonte: Autoria própria.

O dashboard com visualização no smartphone é ilustrado na Figura 22. O usuário pode fazer toda a configuração do ThingsBoard através do smartphone como forma de facilitar quando o usuário estiver em ambiente que dificulta o acesso a um computador.

Figura 22 - Dashboard 4. Dashboard teste de simulação do Pomodoro (Umidade do Solo) na versão smartphone

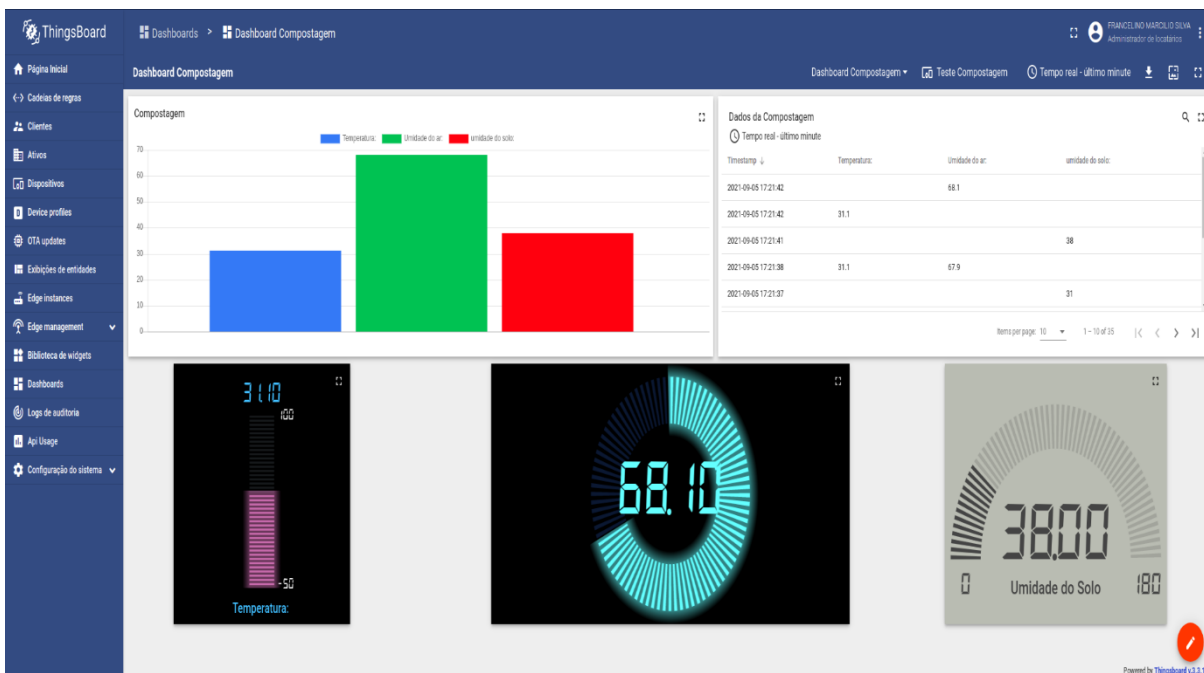


Fonte: Autoria própria.

#### 4.4.3 Aplicação para setor de compostagem

O teste para simular a implantação de um projeto IoT no setor de compostagem utiliza dos sensores de umidade do solo FC-28, DHT22 de temperatura e umidade. Assim, os sensores implantados podem capturar os dados e enviar para o ThingsBoard e o usuário passa a ter o controle das leiras de compostagem. Com a possibilidade de controle das leiras através do dashboard do ThingsBoard o acionamento das bombas ou o sistema de ventilação para reduzir a temperatura ou aumentar a umidade para controlar as condições ideais dos compostos se torna mais confiável quando for detectado no gráfico valores fora do intervalo e manter as condições para que se tenha a degradação eficiente dos compostos e ter a possibilidade de ter um material estável e manter os nutrientes minerais dos do composto.

Figura 23 - Dashboard 5. Dashboard teste de simulação Compostagem (Umidade do Solo, Umidade do ar e temperatura)



Fonte: Autoria própria.

#### 4.5 Dificuldades encontradas

Em virtude da pandemia da Covid 19 não foi possível implantar os dispositivos para realizar testes em situação real na Escola Agrícola de Jundiaí, pois o isolamento social impossibilita a presença ao local. Assim, todos os testes realizados foram feitos na residência durante o desenvolvimento do trabalho.

Os sensores utilizados foram de propósitos de testes em local fechado da residência e não teve exposição ao ar livre ou de simulação de um local que seja de semelhança a um cenário real, esse fato pode dificultar a melhor escolha de um sensor para o cenário em que for utilizar.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo de caso para a adoção da plataforma ThingsBoard para desenvolvimento de aplicações IoT mostra a possibilidade de desenvolver aplicações IoT de forma simples e eficiente no setor agrícola. O ThingsBoard oferece a possibilidade de escalabilidade e desempenho para as aplicações IoT, além de ser uma plataforma de código aberto. Permite que o usuário tenha a visualização dos dados coletados em tempo real e possibilitando ter um controle remoto da aplicação.

A plataforma ThingsBoard tem potencial de facilitar o desenvolvimento de aplicações para IoT dentro da Escola Agrícola de Jundiaí, visto que tem vários setores com potencial de desenvolver um sistema IoT.

É importante destacar que uma aplicação desenvolvida na plataforma ThingsBoard requer o uso de internet. Já as soluções desenvolvidas em Galvão Júnior (2018) e Lima Júnior (2017) não querem o uso contínuo de internet, tendo um potencial para aplicação em locais remotos ou sem infraestrutura de rede disponível.

Como trabalho futuro é importante estudar a possibilidade de aplicar no setor de compostagem da Escola Agrícola de Jundiaí a implantação de um sistema IoT que utilize a plataforma ThingsBoard, dado que para se ter um melhor produto tem variáveis que precisam ser controladas como a temperatura e a umidade dos resíduos, e com a implantação de dispositivos que possam ter a capacidade de coletar esses dados e gerar para o usuário informações que possam ser interpretadas em base de suas necessidades e ter uma confiabilidade na tomada de decisão. Além de realizar estudos com outras plataformas para aplicações IoT.



## REFERÊNCIAS

Arduino. **What's Arduino.** 2021 - Disponível em: <https://docs.arduino.cc/foundations/basics/whats-arduino>. Acesso em: 27 de agosto de 2021.

COSTA, BEATRIZ SOUZA; DIZ, JAMILE B. MATA; OLIVEIRA, MÁRCIO LUÍS DE. **Cultura de consumismo e geração de resíduos.** Revista Brasileira de Estudos Políticos | Belo Horizonte | n. 116 | pp. 159-183 | jan./jun. 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbep/article/view/17607/14391>. Acesso em: 11 de julho de 2020.

COSTA, Guilherme Rocha. **Monitoramento de variáveis ambientais para um data center.** 2018. Universidade Estadual Paulista. 2018. Disponível em: <https://www.sorocaba.unesp.br/Home/Graduacao/EngenhariadeControleeAutomacao/galdenoro1906/guirocha.pdf>. Acesso em: 18 de julho de 2021.

Dias, Kaique Coelho. **Internet das coisas (IoT) para a produção de tomate rasteiro no sul Goiano.** Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade de Brasília. 2019.

DOJOT. **Você conhece a Dojot?.** Disponível em: <https://dojot.com.br/sobre-a-dojot-iot/>. Acesso em: 20 de setembro de 2021.

THINGSPEAK. ThingSpeak. The IoT Platform with MATLAB Analytics. Disponível em: <https://www.mathworks.com/help/thingspeak/>. Acesso em: 20 de setembro de 2021.

FIWARE FOUNDATION. **What is fiware.** Disponível em: <https://www.fiware.org/developers/>. Acesso em: 20 de setembro de 2021.

G. Press. **Internet of Things by the Numbers: Market Estimates and Forecasts**, 2014. Disponível em: <https://www.forbes.com/sites/gilpress/2014/08/22/internet-of-things-by-the-numbers-market-estimates-and-forecasts/?sh=28c34e16b919>. Acesso em: 10 de setembro de 2020.

GALEGALE, G. P., SIQUEIRA, E., SILVA, C. B. H., SOUZA, C. A. D. **Internet Das Coisas Aplicada a negócios - Um estudo bibliométrico**. 2016. Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil. JISTEM, Brazil Vol. 13, No. 3, Set/Dez., 2016 pp. 423-438. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jistm/a/xVZfWsmzsVY5Tj55YDBDRGG/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 30 de agosto de 2021.

GALVÃO JUNIOR, Joffrey Peyrac de Albuquerque. **Pomodoro: sistema de monitoramento e controle de umidade do solo para o cultivo de tomate em estufa**. 2018. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Análise e Desenvolvimento e Sistemas) - Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias, Curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

GOUVEIA, NELSON. **Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão digital**. Departamento de Medicina Preventiva, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/csc/v17n6/v17n6a14.pdf>. Acesso em: 11 de julho de 2020.

Infor Channel (2021). **Internet das coisas e proteção de dados**. Revista Infor Channel. 2021. Disponível em: <https://inforchannel.com.br/2021/04/27/internet-das-coisas-e-protecao-de-dados/#:~:text=J%C3%A1%20o%20instituto%20Gartner%20prev%C3%AA,dispositivos%20estar%C3%A3o%20conectados%20%C3%A0%20IoT>. Acesso em: 10 de agosto de 2021.

JÚNIOR, F. S. D. S. **Desenvolvimento e gerenciando compostagem de resíduos sólidos urbanos: para geração de renda e repasse de tecnologia à acrevi.** 2011. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN, 2011.

LIMA JUNIOR, Fausto Pegado de. **Sistema Embarcado para Controle e Supervisão de Ambiência em Aviário Utilizando Web Service.** 2017. 45 f. TCC (Graduação) - Curso de Análise e Desenvolvimento de Sistemas, Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba, 2017.

LIU, THOMAS. **Didital-output relative humidity & temperature sensor/module DHT22 (DHT22 also named as AM2302).** Aosong Electronics Co., Ltd. 2021. Disponível em: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1132459/ETC2/DHT22.html> . Acesso em: 17 de setembro de 2021.

MAGRANI, EDUARDO. **Internet das Coisas.** 2018. Rio de Janeiro. FGV Editora, 2018. 192p.

MATOS JUNIOR, Francisco Teixeira; SOUSA, Vitor Quintela; AVIZ, Rhaiana Oliveira; BORGES, Luciana da Silva; FREITAS, Luis Souza; GOMES, Rafaelle F. **Instalação de Unidade demonstrativa de compostagem como forma de aprendizagem e transferência de tecnologia para agricultura familiar.** Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Paragominas-PA. 2017.

MDN WEB DOCS. **An overview of HTTP.** 2020. Disponível em: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTTP/Overview>. Acesso em: 11 de julho de 2020.

NOGUCHI, H. S. **Processo de compostagem de resíduos sólidos em leira estática automatizada com aeração forçada**. 2017. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) - Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Mato Grosso, 2017.

Oliveira, Euler. **Como usar com Arduino – Módulo Sensor Detector de Nível / Profundidade de Água**. 2019 - Disponível em: <https://blogmasterwalkershop.com.br/arduino/como-usar-com-arduino-modulo-sensor-detector-de-nivel-profundidade-de-agua>. Acesso em: 21 de julho de 2021.

PAIM, Euclides Palma; RIGHI, Rodrigo da Rosa; COSTA, Cristiano André da. **Explorando o paradigma Publish/Subscribe e a elasticidade em níveis aplicados ao procedimento de Telemedicina**. 2018. Revista Brasileira de Computação Aplicada, v.10, n.1, pp.11-22. Abril, 2018. Disponível em: <http://seer.upf.br/index.php/rbca/article/view/7430/4759>. Acesso em: 31 de agosto de 2021.

PENATTI, Tiê Teixeira Lima. **Tolerância a Intrusões em Middleware Publish/Subscribe de Larga Escala**. 2007. Trabalho de Conclusão do Curso de Bacharelado em Ciências da Computação pela Universidade Federal de Santa Catarina. 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/183982/principal.pdf?sequen>. Acesso em: 31 de agosto de 2021.

PORCIÚNCULA, C. B. D.; BESKOW, SÍLVIO.; MARCON, D. S.; NOBRE, J. C. **Constrained Application Protocol (CoAP) no Arduino UNO R3: Uma Análise Prática**. Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos) - Porto Alegre - RS - Brasil, 2018. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/wpietf/article/view/3212/3174>. Acesso em: 21 de setembro de 2021.

Santos, Bruno P.; Silva, Lucas A. M.; Celes, Clayson S. F. S.; Neto, João B. Borges; Peres, Bruna S.; Vieira, Marcos Augusto M.; Vieira, Luiz Filipe M. ; Goussevskaia, Olga N.; Loureiro, Antonio A. F. **Internet das Coisas: da Teoria à Prática**. Departamento de Ciência da Computação Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) Belo Horizonte, MG, Brasil, 2016. Disponível em: <https://homepages.dcc.ufmg.br/~mmvieira/cc/papers/internet-das-coisas.pdf>. Acesso em: 10 de setembro de 2020.

SANTOS, L. C. D. **A questão dos resíduos sólidos urbanos: Uma abordagem socioambiental com ênfase no município de Ribeirão Preto (SP)**. 2004. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista, 2004.

SILVA, FELIPE MATHEUS CONCEIÇÃO DA. **Estudo de componentes de FIWARE para IoT e cidades inteligentes**. 2019. Departamento de computação, Universidade Federal de Sergipe. Disponível em: [https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/11236/2/Felipe\\_Matheus\\_Conceicao\\_Silva.pdf](https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/11236/2/Felipe_Matheus_Conceicao_Silva.pdf). Acesso em: 13 de julho de 2020.

Sundmaeker, H., Guillemin, P., Friess, P., and Woelfflé, S. (2010). **Vision and challenges for realising the Internet of Things**, volume 20. EUR-OP. 2010.

TINGSBOARD. **Open-source IoT Platform**. Disponível em: <https://thingsboard.io/> . Acesso em: 12 de julho de 2021.

VIDAL, VITOR. **Automação de sistema de irrigação: Sensor de umidade e válvula solenóide**. 2021. Blog Eletrogate - Disponível em: <https://blog.eletrogate.com/automacao-de-sistema-de-irrigacao-sensor-de-umidade-e-valvula-solenoid/>. Acesso em: 17 de setembro de 2021.

VILELA, NATHANE MANUELLE SILVA. **Comparação dos métodos de compostagem por leiras estáticas aeradas e por reviramento no tratamento**

**da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos.** 2019. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/26802/texto%20completo.pdf?sequence=1>. Acesso em: 18 de julho de 2020.

YUAN, Michael. **Conhecendo o MQTT. Por que o MQTT é um dos melhores protocolos de rede para a Internet das Coisas?**. Disponível em: <https://developer.ibm.com/br/articles/iot-mqtt-why-good-for-iot/>. Acesso em: 24 de agosto de 2021.

WEMOS DOCUMENTATION. **LOLIN D1 mini.** 2021 - Disponível em: [https://www.wemos.cc/en/latest/d1/d1\\_mini.html](https://www.wemos.cc/en/latest/d1/d1_mini.html). Acesso em: 17 de setembro de 2021.