

# LoraWan

Alexandro Vanderley dos Santos

**Resumo**—O objetivo desse artigo é auxiliar na estruturação de uma rede utilizando Lora® e os servidores da TTN (The Things Network), com o propósito de operar sensores remotamente.

## I. INTRODUÇÃO

O controle e monitoramento remoto de sensores e dispositivos eletrônicos como atuadores, sensor de temperatura, pressão, umidade, intensidade luminosa entre outras aplicações, está em evidência, hoje. Quase tudo que utilizamos tende a não necessitar de uma conexão por fio, um exemplo bem comum são os dispositivos de telefonia celular.

Para a maioria dos sensores, a velocidade de transmissão de dados não é um quesito relevante na construção de um projeto, por exemplo, a intensidade da luz solar durante o dia, apenas pequenas amostras são tomadas durante o período diurno, mantendo-se ocioso durante a noite. Neste caso uma rede com baixa taxa de transmissão, mas com um consumo reduzido, torna viável a coleta de dados e evita que tenhamos um consumo de energia alto, mantendo, caso este fosse alimentado por uma bateria, a carga por mais tempo.

LoRa®, a camada física, é uma tecnologia de rádiofrequência que permite comunicação à longas distâncias com consumo mínimo de energia. Os módulos enviam e recebem dados de Gateways específicos (similar as redes wifi, mas com alcance muito maior), que os encaminham via conexão IP para servidores locais ou remotos [1].

O protocolo LoRaWAN™, camada lógica da rede, implementa os detalhes de funcionamento, segurança, qualidade do serviço, ajustes de potência, visando maximizar a duração da bateria dos módulos, e os tipos de aplicações, tanto do lado do módulo quanto do servidor [1].

A The Things Network [5], um membro colaborador da LoRa Alliance, responsável pela tecnologia LoRa®, disponibiliza formas de visualização de dados coletados, servindo como captador de dados e formatando-os de maneira que possam ser interpretados pelo usuário.

Aplicando esses conceitos construiremos uma rede de sensores, desde a configuração do rádio até a forma de observar os dados (aplicação), bem como a interação com dispositivos externos.

## II. MATERIAL UTILIZADO

### A. Hardware

- Discovery Kit da STMicroelectronics, modelo STM32L072CZY6TR MCU [2];

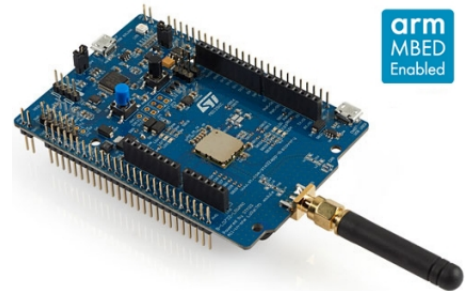


Figura 1: Rádio Lora.

- Cabo micro USB ;



Figura 2: Cabo micro USB.

- Gateway Lora®;
- Desktop ou notebook;
- Sensores ou dispositivos externos.

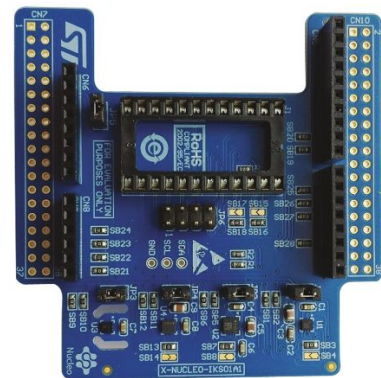


Figura 3: Módulo sensor IKS01A2 (Temperatura, pressão, unidade, acelerômetro e magnetômetro).

- Outros sensores ou dispositivos (se necessário).

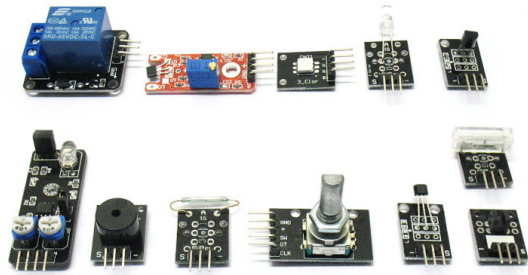


Figura 4: Sensores e dispositivos externos.

## B. Software

- Sistema operacional Linux (altamente recomendado o uso do Ubuntu 18.04 ou mais recente) [3];
- Software LoraMac [4];
- Cmake (Linux)
- Cutecom (Linux) Terminal serial;

## III. PREPARAÇÃO DO SISTEMA

### A. Preparando o sistema operacional (Ubuntu)

- Passo 1: Abrir um terminal;

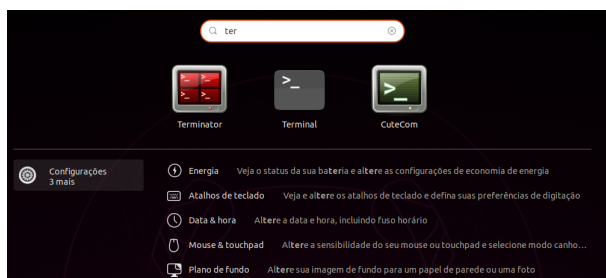


Figura 5: Abrindo o terminal.

- Passo 2: Instalar o Cmake;

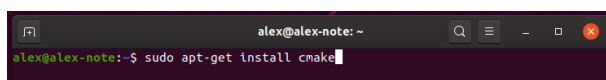


Figura 6: Instalando Cmake.

- Passo 3: instalar o Cutecom;

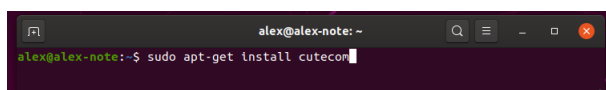


Figura 7: Instalando o Cutecom.

- Passo 4: Instalar o compilador GCC-ARM;

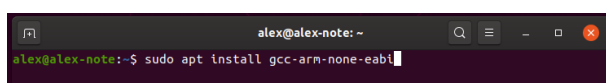


Figura 8: Instalando o GCC-ARM.

- Passo 5: Instalar o gerenciador de versão GIT;

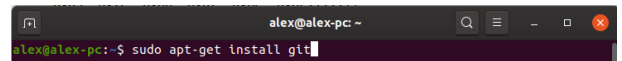


Figura 9: Instalando o GIT.

- Passo 6: Clique [aqui](#) para baixar o software LoraMac compactado ou utilize o git;

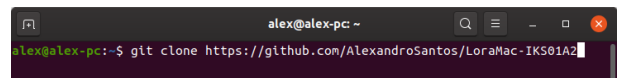


Figura 10: Clonando o software do gitHub.

- Passo 7: descompactar LoraMac.

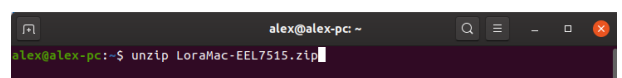


Figura 11: Descompactando LoraMac-EEL7515.

**Atenção:** Caso o usuário não use o Ubuntu, alguns erros, por falta de bibliotecas, podem ocorrer. Desta forma, tais bibliotecas devem ser instaladas, conforme a necessidade de cada distro linux.

### B. Preparando o Discovery Kit da STMicroelectronics

- Passo 1: Conectar o cabo usb;
- Passo 2: Após conectar, o Ubuntu deverá alertar sobre a inserção de um disco removível ( DIS\_L072Z ).

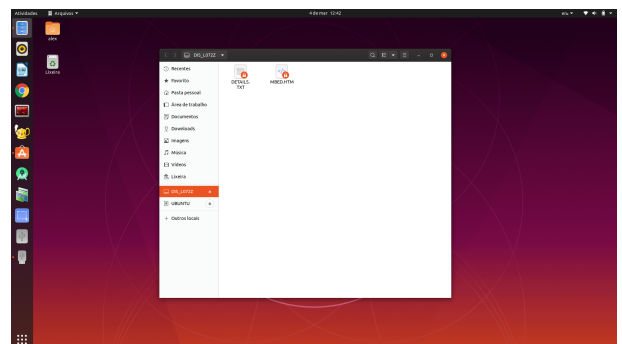


Figura 12: Abrindo o disco removível DIS\_L072Z.

**Atenção:** Para que o disco realmente fique disponível para cópia, é necessário que você abra pelo menos uma vez, após conectar o Kit. Isto equivale a dizer que devemos montar o dispositivo para uso. Neste disco, devemos copiar o arquivo LoRaMac-classA.bin, futuramente compilado. Lembrando que o linux é sensível a letras MAIÚSCULAS e minúsculas.

#### IV. CRIANDO UMA APLICAÇÃO NA TTN

- Passo 1: Abrir o site da **TTN**;
- Passo 2: Criar uma conta e acessá-la;

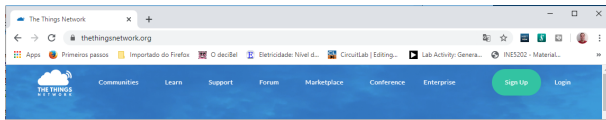


Figura 13: Criar conta e acessar

- Passo 3: Entrar em Console (seta ao lado da foto);



Figura 14: Acessar o console da TTN

- Passo 4: Acessar APPLICATIONS para abrir, ou criar, suas aplicações;



Figura 15: Link para acessar as aplicações

- Passo 5: Criar uma nova aplicação em **add application**;

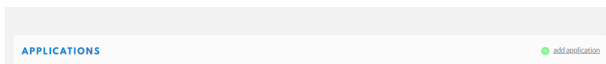


Figura 16: Acessar o console da TTN

- Passo 6: Preencha os campos e clique em **Add application**;

Figura 17: Criando a aplicação

- Passo 7: Clique no botão **Devices** para adicionar um dispositivo (Rádio);

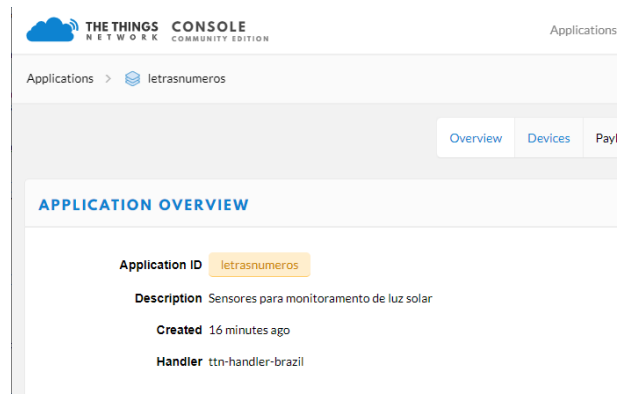


Figura 18: Criando um dispositivo

- Passo 8: Clique em **register device**;

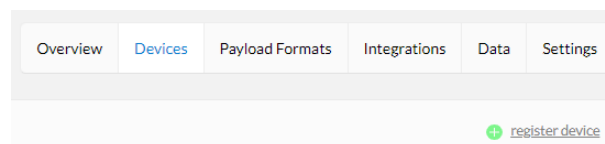


Figura 19: Registrar um dispositivo

- Passo 9: Preencha o campo **Device ID**;

**REGISTER DEVICE** [bulk import devices](#)

**Device ID**  
This is the unique identifier for the device in this app. The device ID will be immutable.  
sensorluz

**Device EUI**  
The device EUI is the unique identifier for this device on the network. You can change the EUI later.  
this field will be generated

**App Key**  
The App Key will be used to secure the communication between you device and the network.  
0 bytes

**App EUI**  
70 B3 D5 7E D0 02 BC 8F

Figura 20: Registrando um dispositivo

Neste passo, se você já possui um Device EUI e uma App Key, basta clicar na figura da caneta para inserir os valores. Caso não tenha, a TTN gerará uma App Key e uma Device EUI.

- Passo 10: Clique em **Settings**;

**DEVICE OVERVIEW**

Application ID: lettrasnumeros

Device ID: sensorluz

Activation Method: OTAA

Device EUI: 00 17 AA 38 F8 E0 78 14

Application EUI: 70 B3 D5 7E D0 02 BC 8F

App Key: [empty]

Status: never seen

Frames up: 0 [reset frame counters](#)

Frames down: 0

Figura 21: Configurar **Activation Method** em ABP

- Passo 11: Configurando **Activation Method** em ABP;

**Activation Method**

OTAA ABP

Figura 22: Registrando um dispositivo

Ativando o modo ABP, apenas salve em **Save**. Após este passo, já temos todas as informações para configurar o software LoraMac, baixado do repositório.

**DEVICE OVERVIEW**

Application ID: lettrasnumeros

Device ID: sensorluz

Activation Method: ABP

Device EUI: 00 17 AA 38 F8 E0 78 14

Application EUI: 70 B3 D5 7E D0 02 BC 8F

Device Address: 26 03 14 D7

Network Session Key: 0F 78 42 D4 25 EC 0B CC 49 A5 CA 54 57 E7 97 8B

App Session Key: 6E 19 04 1B 3D FF 5A 0B B9 AE 61 81 4A 73 C5 89

Status: never seen

Frames up: 0 [reset frame counters](#)

Frames down: 0

Figura 23: Informações para configurar o rádio

**Atenção:** Alteração de servidor na **aplicação** implicará em perda da configuração do dispositivo, portanto é importante manter os dados da tela acima guardados para futuras alterações. O mesmo ocorre quando alteramos algo no dispositivo, como o Device Address não pode ser editado, é sempre gerado pela TTN, pode haver a necessidade de recompilar o projeto com as novas especificações.

## V. CONFIGURANDO O CÓDIGO FONTE LORAMAC

Para que nosso rádio conecte-se de forma adequada ao gateway e a TTN, precisamos editar dois arquivos, seguindo os seguinte passos:

- Passo 1: Abrir, com um editor de sua preferência (gedit, nano, vi), o arquivo **Commissioning.h** localizado na pasta **src/apps/LoRaMac/classA/B-L072Z-LRWAN1**. Neste arquivo, serão editadas as linhas contendo as seguinte definições (#define), seguindo os dados da figura 23:
  - **OVER\_THE\_AIR\_ACTIVATION 0**  
Desativa o método de ativação OTAA, passado a ser ABP.
  - **IEEE\_OUI 0x00, 0x17, 0xAA**  
Utilizar os 3 primeiro bytes de **Device EUI**
  - **LORAWAN\_DEVICE\_EUI {IEEE\_OUI, 0x38, 0xF8, 0xE0, 0x78, 0x14}**  
Utilizar os 5 últimos bytes de **Device EUI**
  - **LORAWAN\_JOIN\_EUI {0x70, 0xB3, 0xD5, 0x7E, 0xD0, 0x02, 0xBC, 0x8F}**  
Utilizar **Application EUI**
  - **LORAWAN\_APP\_KEY**
  - **LORAWAN\_APP\_S\_KEY**  
Ambos devem ser setados com **App Session Key**  
0x6E, 0x19, 0x04, 0x1B, 0x3D, 0xFF, 0x5A, 0x0B, 0xB9, 0xAE, 0x61, 0x81, 0x4A, 0x73, 0xC5, 0x89
  - **LORAWAN\_NWK\_KEY**
  - **LORAWAN\_F\_NWK\_S\_INT\_KEY**
  - **LORAWAN\_S\_NWK\_S\_INT\_KEY**

- LORAWAN\_NWK\_S\_ENC\_KEY

Todos devem ser setados com **Network Session Key** 0x0F, 0x78, 0x42, 0xD4, 0x25, 0xEC, 0x0B, 0xCC, 0x49, 0xA5, 0xCA, 0x54, 0x57, 0xE7, 0x97, 0x8B

- LORAWAN\_DEVICE\_ADDRESS ( uint32\_t ) 0x260314D7

Deve ser setado com **Device Address**

- Passo 2: Salve o arquivo Commissioning.h;

## VI. COMPILANDO O PROJETO

Para apenas compilar use **./create.sh**, este pequeno script criará o diretório **build**. No caminho **build/src/apps/LoRaMac**, você encontrará o arquivo **LoRaMac-classA.bin**. Este deverá ser copiado para o disco removível **DIS.L072Z**, caso queira rodar o programa na placa.

Para compilar e programar a placa você pode utilizar **./program.sh** que todos os passos serão feitos automaticamente.

## VII. VERIFICANDO A TRANSMISSÃO

### A. Local

Utilizando o programa Ccutecom, podemos observar o comportamento do rádio, quais pacotes foram transmitidos e recebidos. Para executar o programa digite no terminal:

**sudo ccutecom**

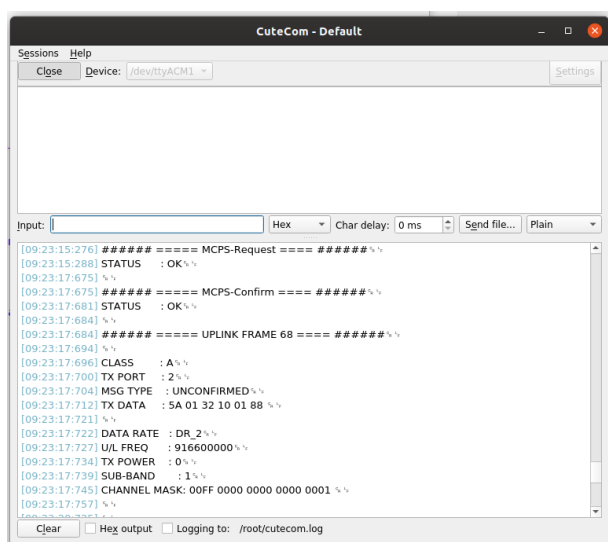


Figura 24: Tela do programa Ccutecom

Ao abrir você deve selecionar o **Device** (Porta serial /dev/ttyACM\*) e pressionar o botão **Open**. Com o rádio conectado, as informações começarão a rolar a cada 5 segundos, tempo este pré-configurado no software LoraMac.

### B. Remoto

No site da TTN, com a aplicação aberta, pressione o botão **Data**.

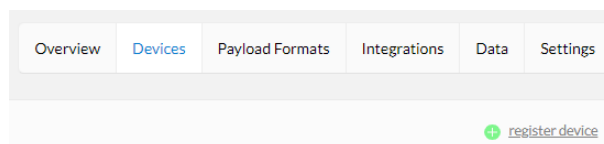


Figura 25: Seleção de Data

Agora, podemos monitorar os pacotes recebidos e enviados pelo dispositivo.

| Filters  |          |            |                            |                              |  |
|----------|----------|------------|----------------------------|------------------------------|--|
| uplink   | downlink | activation | ack                        | error                        |  |
| time     | counter  | port       |                            |                              |  |
| 09:21:22 | 0        |            |                            |                              |  |
| 09:21:21 | 45       | 2          | payload: 5A 01 31 0E 02 06 | potValue: 1.1682243076218814 |  |
| 09:21:07 | 0        |            |                            |                              |  |
| 09:21:07 | 42       | 2          | payload: 5A 01 3C 1D 02 7B | potValue: 1.1682243076218814 |  |
| 09:20:37 | 0        |            |                            |                              |  |
| 09:20:36 | 36       | 2          | payload: 5A 01 2F 29 04 81 | potValue: 1.1682243076218814 |  |
| 09:20:32 | 0        |            |                            |                              |  |
| 09:20:31 | 35       | 2          | payload: 5A 01 37 3C 01 13 | potValue: 1.1682243076218814 |  |
| 09:20:21 | 0        |            |                            |                              |  |
| 09:20:21 | 33       | 2          | payload: 5A 00 FC 25 01 59 | potValue: 1.1681739528496222 |  |
| 09:19:12 | 0        |            |                            |                              |  |
| 09:19:12 | 19       | 2          | payload: 5A 01 1A 45 04 4F | potValue: 1.1682243076218814 |  |

Figura 26: Dados transmitidos e recebidos

Também podemos verificar as características das mensagens e o comportamento do rádio como potência, tempo de resposta e relação sinal ruído.

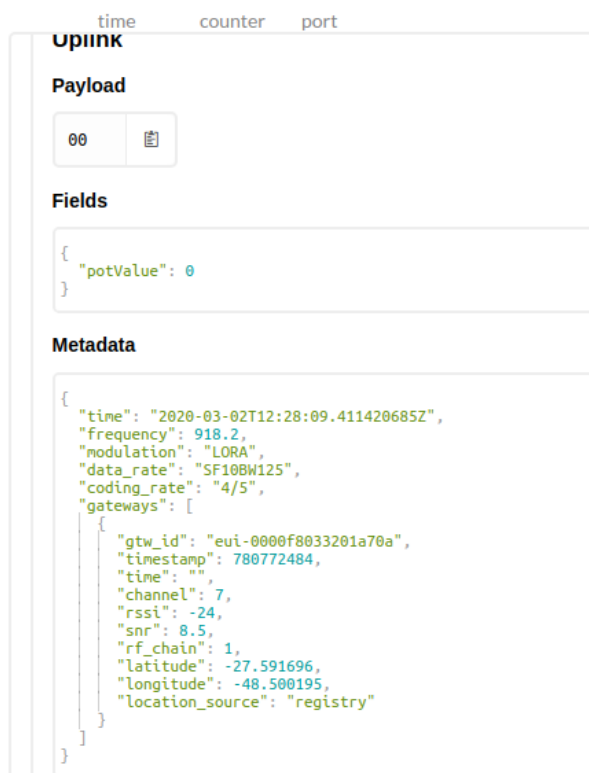


Figura 27: Características da mensagem

Para visualização dos dados em um formato legível, podemos configurar esta apresentação na aba **Payload Formats**. O exemplo da figura 28 está configurada para o programa fornecido.

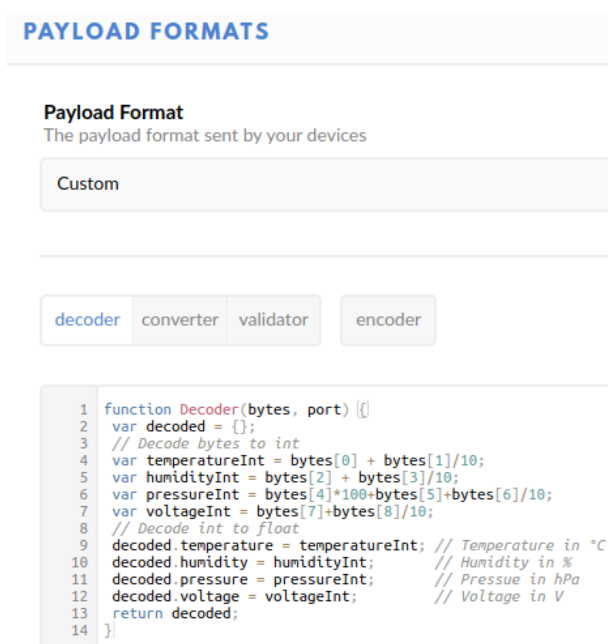


Figura 28: Decodificação do pacote de dados.

## VIII. PERSONALIZAÇÃO

No programa LoRaMac fornecido é possível ligar ou desligar um dos leds da placa e, ao mesmo tempo, fazer uma leitura da tensão no pino A0, informações como temperatura, pressão e umidade também são transmitidas periodicamente, a saber, a cada 5 segundos.

Com o intuito de personalizar a aplicação, podemos utilizar as portas digitais, analógicas e de comunicação para implementar novas funcionalidades, respeitando a estrutura básica do código fonte. Para tanto, precisamos editar o arquivo **main.c** encontrado na pasta **src/apps/LoRaMac/classA/B-L072Z-LRWAN1**.

No arquivo **main.c** encontramos algumas configurações para o rádio e para conexão com o gateway, como por exemplo :

```
#define APP_TX_DUTYCYCLE
```

que informa ao módulo o ciclo de transmissão em milissegundos, atualmente 5000 (5 s).

A função **PrepareTxFrame** é responsável por montar o pacote de dados para o envio, nela podemos implementar, por exemplo a leitura de um sensor, lembrando que serão necessárias as bibliotecas responsáveis pelo controle do sensor ou dispositivo anexado, escrito em C. Dentro do arquivo **tools.c** temos uma biblioteca para os sensores HTS221, temperatura e umidade, e LPS22HB, pressão atmosférica do Kit IKS01A2.

A função **McpsIndication**, além de outras atividades, é também responsável pelo recebimento dos dados e tratamento deles, nesta parte podemos acionar dispositivos remotamente ou requisitar uma leitura adicional, por exemplo.

Na pasta **src/system** encontram-se todos os métodos necessários para utilizar o microcontrolador embutido no Kit. Drivers para utilização da Gpio, i2c, SPI e ADC são alguns exemplos, estes, por sua vez, mais utilizados na adaptação de sensores e atuadores externos.

Com este conhecimento, já torna-se possível desenvolver muitas aplicações, cabe a necessidade e disponibilidade de equipamentos, sensores e conhecimento em linguagem C para aprimorar e expandir as funcionalidades do Kit.

## REFERÊNCIAS

- [1] <<https://newtoncbraga.com.br/index.php/electronica/52-artigos-diversos/11992-conheca-a-tecnologia-lora-e-o-protocolo-lorawan-lor001>>. Acesso em: 04 mar. 2020.
- [2] <<https://www.st.com/en/evaluation-tools/b-l072z-lrwan1.html>>. Acesso em: 04 mar. 2020.
- [3] <<https://ubunut.com>>. Acesso em: 04 mar. 2020.
- [4] <<https://Loramac.com>>. Acesso em: 04 mar. 2020.
- [5] <<https://www.thethingsnetwork.org/>>. Acesso em: 04 mar. 2020.