

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS**

Lucas Sossai

**Sistema de tracking de animais utilizando tecnologia
iBeacon**

São Carlos

2019

Lucas Sossai

Sistema de tracking de animais utilizando tecnologia iBeacon

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Elétrica com Ênfase em Eletrônica, da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo do Valle Simões

**São Carlos
2019**

Lucas Sossai

Sistema de tracking de animais utilizando tecnologia iBeacon

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Elétrica com Ênfase em Eletrônica, da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Data de defesa: XX de Junho de 2019

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Eduardo do Valle Simões
Orientador

Professor
Convidado1

Professor
Convidado2

São Carlos
2019

Este trabalho é dedicado à minha família e irmãos da República Poltergeist.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer à minha família por todo incentivo e apoio nos momentos críticos.

A minha namorada Milena pela compreensão e apoio durante todo o período dedicado aos estudos.

Também gostaria de agradecer meus grandes irmãos da República Poltergeist, por me acolherem durante boa parte da graduação e por tudo que aprendemos juntos durante esses anos.

Por fim, agradeço ao Professor Eduardo do Valle Simões por me orientar nesse projeto.

RESUMO

Um problema atualmente encontrado em fazendas é a falta de algumas informações sobre seus animais. O objetivo desse trabalho consistiu em criar um sistema de comunicação entre sistemas embarcados para localização de animais e monitoramento de seus dados visando um controle melhor de seu rebanho e análise de dados que podem ajudar a decidir melhores soluções. O sistema desenvolvido foi feito a partir de *beacons*, pequenos dispositivos de baixo consumo de energia que enviam sinal via *Bluetooth*. Com eles acoplados aos animais, é possível localizá-los com microcontroladores de baixo consumo de energia que são responsáveis de ler os sinais dos *beacons* e enviar eles via *LoRa* para uma central. A função desta é de processar os dados e enviá-los para um banco de dados.

Palavras-chave: Internet das Coisas, LoRa, Bluetooth Low Energy, Monitoramento de Animais, Agricultura de Precisão.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – <i>Beacon AnimalTag</i>	13
Figura 2 – Diagrama mqtt	14
Figura 3 – Módulo <i>Heltec WiFi LoRa 32</i>	15
Figura 4 – <i>Raspberry Pi 3 Model B</i>	16
Figura 5 – Diagrama do sistema	17
Figura 6 – Fluxograma do software da estação coletora.	18
Figura 7 – Exemplo de pacote de dados enviado via <i>LoRa</i>	19
Figura 8 – Fluxograma do software da estação central.	19
Figura 9 – Flow principal do Node-RED.	20
Figura 10 – Estrutura da tabela blescan no servidor Apache.	21
Figura 11 – Mapa elaborado no Google Earth com os pontos onde foram realizados os testes.	22
Figura 12 – Perfil de elevação do ambiente de testes.	23
Figura 13 – Estação coletora utilizada nos testes.	24
Figura 14 – Estação coletora enviando dados no Ponto D.	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Especificações técnicas do módulo <i>Heltec WiFi LoRa 32</i>	15
Tabela 2	–	Esepcificações técnicas da <i>Raspberry Pi 3 Model B</i>	16
Tabela 3	–	Características e resultados dos pontos de teste	25

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IoT	Internet of Things
BLE	Bluetooth Low Energy
RFID	Radio-Frequency IDentification
PIB	Produto Interno Bruto
PoE	Power-over-Ethernet
UUID	Universally Unique Identifier
RF	Rádio Frequência
CRC	Cyclic Redundancy Check

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Contextualização	11
1.2	Objetivos	12
1.3	Escopo e restrições	12
1.4	Organização do trabalho	12
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E METODOLOGIA	13
2.1	Bluetooth Low Energy	13
2.2	Beacons	13
2.2.1	iBeacon	13
2.2.2	Eddystone	13
2.2.3	AnimalTag	13
2.3	LoRa	14
2.4	MQTT	14
2.5	Arduino	14
2.6	Banco de Dados	14
2.6.1	Servidor Apache	14
2.6.2	MySQL	14
2.7	Módulo <i>Heltec WiFi LoRa 32</i>	15
2.8	Raspberry Pi	15
3	DESENVOLVIMENTO	17
3.1	Projeto	17
3.2	Desenvolvimento dos módulos <i>Heltec WiFi LoRa 32</i>	18
3.2.1	Estação coletora	18
3.2.2	Comunicação entre os módulos	18
3.2.3	Estação central	19
3.3	Desenvolvimento da <i>Raspberry Pi</i>	20
3.3.1	Mosquitto	20
3.3.2	Node-RED	20
3.3.3	Servidor Apache	21
4	EXPERIMENTOS E RESULTADOS	22
4.1	Ambiente de testes	22
4.2	Estação coletora	23
4.3	Resultado dos testes de velocidade de transmissão	25

5	CONCLUSÃO	26
5.1	Resumo	26
5.2	Dificuldades e Limitações	26
5.3	Relacionamento entre o Curso e o Projeto	26
5.4	Trabalhos Futuros	26
	REFERÊNCIAS	27
	APÊNDICES	28
	APÊNDICE A – CÓDIGO 1	29

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A Internet das Coisas (IoT) é um novo paradigma que vem rapidamente ganhando terreno no cenário das telecomunicações modernas sem fio . A ideia básica deste conceito é a presença pervasiva em torno de nós de uma variedade de coisas ou objetos - como *beacons*, identificação por radiofrequência (RFID), sensores, atuadores, telefones celulares, etc ([ATZORI, 2010](#)). Com o surgimento de placas de desenvolvimento nos últimos anos como a Raspberry Pi, que possui um microprocessador como componente principal, e a plataforma Arduino, que possui microcontroladores como base, se tornou mais acessível prototipar projetos de diversas naturezas, como automação residencial, robótica e projetos em IoT.

A Agricultura de Precisão (AP) é o novo estado da arte da tecnologia aplicada ao agronegócio e foi definida pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento como um sistema de gerenciamento agrícola baseado na variação espacial e temporal da unidade produtiva e visa ao aumento de retorno econômico ao agricultor, à sustentabilidade e à minimização do efeito ao ambiente ([MAPA, 2016](#)). Em 2018, a pecuária no Brasil foi responsável de movimentar 597,22 bilhões de reais, representando 7,7% do PIB Brasileiro ([ABIEC, 2018](#)), em razão disso, busca-se cada vez mais alternativas que visam melhorar a produtividade e qualidade desse setor. Diversos problemas ligados à falta de localização e contagem dos animais podem ocorrer, como o risco de o animal ir para um lugar onde não deveria ou de não saber o número correto de quantos animais possui em cada área de forma imediata. A análise de variáveis em campo é feita esporadicamente e com intervalos longos, pois no campo a variação espacial e temporal é lenta e possui uma gama muito baixa de variáveis se comparada a indústria, trazendo resultados inexatos em razão do processo ser suscetível ao erro humano e limitado em relação à quantidade e periodicidade dos dados coletados ([ALBUQUERQUE, 2009](#)). O monitoramento constante permite analisar dados sobre o comportamento dos animais, como em qual horário eles se alimentam e quais regiões eles frequentam durante o dia. Diante desse contexto, a motivação principal por trás desse trabalho é ajudar os profissionais que trabalham com animais em suas fazendas a conseguirem ter um melhor controle sobre seu rebanho de forma automatizada e com a possibilidade de colher esses dados distantes da sede da fazenda tendo a tecnologia dos *beacons* para rastreamento dos animais e o protocolo *LoRa* para transmissão de dados em longas distâncias.

1.2 Objetivos

O projeto tem como função desenvolver, implementar e testar um sistema de localização de animais em fazendas. Os principais objetivos são configurar os módulos *Heltec WiFi LoRa 32* para identificar os sinais Bluetooth vindos dos beacons, transmitir esses dados via LoRa para um receptor e à partir dele enviar para uma Raspberry Pi, responsável por ser a central de informações, salvando os resultados coletados em um banco de dados local para análise.

1.3 Escopo e restrições

Foi aplicada uma restrição no desenvolvimento deste trabalho a fim de atingir os objetivos propostos:

- O trabalho se guarda tanto à parte teórica do sistema quanto à parte prática. Testes para diferentes cenários foram feitos e estão devidamente apresentado ao longo do trabalho.
- Para validação do sistema limita-se em 1 km a máxima distância de comunicação via *LoRa* esperada entre os dispositivos

1.4 Organização do trabalho

No Capítulo 2 é apresentada a revisão bibliográfica dos principais conceitos utilizados durante o desenvolvimento do trabalho e quais foram as ferramentas, utilitários e dispositivos de hardware usados no projeto. O Capítulo 3 descreve em detalhes como o projeto foi estruturado, desenvolvido e os testes feitos. No capítulo 4 são apresentados os resultados obtidos e as dificuldades e limitações do projeto. Finalmente no Capítulo 5 é apresentado a conclusão além de ideias para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E METODOLOGIA

2.1 Bluetooth Low Energy

O BLE é uma tecnologia de rede sem fio concebida e comercializada pela *Bluetooth Special Interest Group*. Em comparação com o Bluetooth clássico, o BLE foi melhorado para diminuir custo e consumo energético além de contar um novo protocolo de criptografia de 128 bits. Por sua característica principal ser a economia de energia, um dispositivo BLE permanece em modo *sleep* durante maior parte do tempo. Sendo assim, essa tecnologia foi desenvolvida para aplicações que precisam enviar poucas informações, com velocidade máxima de transmissão de 1 Mbps, menor do que o Bluetooth Clássico de 3 Mbps. O baixo consumo energético, com picos de 6 mA e média de 1 μ A, permite que dispositivos com essa tecnologia possam ser alimentados por baterias comuns como pilhas convencionais e podem ter autonomia de semanas até meses.

2.2 Beacons

Falo que os beacons são tags que usam tecnologia bluetooth e que tem varios tipos de protocolos que vao ser apresentados abaixo

2.2.1 iBeacon

2.2.2 Eddystone

2.2.3 AnimalTag

Falo do trabalho do João, referencio ao mestrado dele, coloco como transmite os pacotes , que essa é a segunda versão

Figura 1: *Beacon AnimalTag*



Fonte: Elaborada pelo autor.

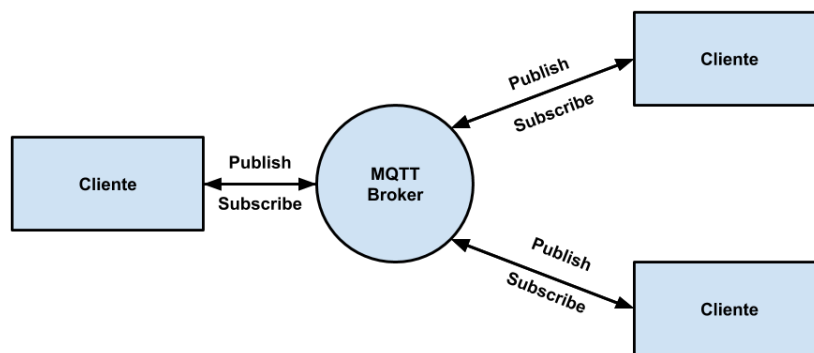
2.3 LoRa

Falo do protocolo lora, das especificações técnicas, da importancia dele para IoT e AP , que existe LoraWAN mas vamo estar usando p2p

2.4 MQTT

Falo um pouco da teoria e quais os beneficios de usar mqtt em relação a outros protocolos como http

Figura 2: Diagrama mqtt



Fonte: Elaborado pelo autor.

2.5 Arduino

Falo da plataforma Arduino, o quanto ela facilita a prototipação de projeto e que existem diversas placas de desenvolvimento que podem utilizar ela

2.6 Banco de Dados

referencia monografia do danilo

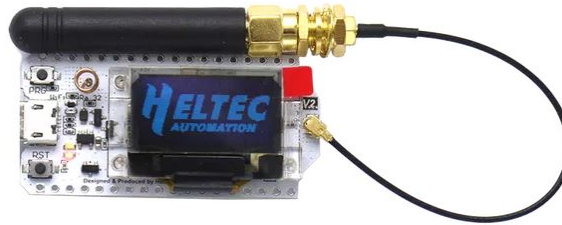
2.6.1 Servidor Apache

2.6.2 MySQL

2.7 Módulo *Heltec WiFi LoRa 32*

Apresento o módulo e as vantagens de poder usar ele na plataforma Arduino

Figura 3: Módulo *Heltec WiFi LoRa 32*



Fonte: Heltec. Disponível em ([HELTEC, 2018](#)).

Colocar as especificações técnicas do site da heltec

Tabela 1: Especificações técnicas do módulo *Heltec WiFi LoRa 32*

Microcontrolador	ESP32 (240 MHz, Wi-Fi, Bluetooth 4.2 e BLE)
Chip LoRa	SX1276
Potência máxima LoRa	$18dB \pm 2dB$
Recursos do Hardware	UART x 3; SPI x 2; I2C x 2; I2S x 1
	ADC 12 bits; DAC 8 bits
	29 GPIO's
Display	OLED 128*64 de 0.96 polegadas
FLASH	4MB SPI
Interface	Micro USB x 1; Conector IPEX para antena LoRa x 1
Tamanho	50.2 x 25.5 x 9.74 mm

Fonte: Heltec. Disponível em ([HELTEC, 2018](#)).

2.8 Raspberry Pi

Falo um pouco dela e das especificações técnicas

Figura 4: *Raspberry Pi 3 Model B*



Fonte: RaspberryPi. Disponível em ([RASPBERRYPI](https://www.raspberrypi.org/), 2019).

Tabela 2: Especificações técnicas da *Raspberry Pi 3 Model B*

Arquitetura	Cortex-A53 (ARMv8) de 64 bits
Processador	Broadcom BCM2837B0 Quad Core de 1.4 GHz
Memória SDRAM	1 GB LPDDR2 SDRAM
USB	4 portas USB 2.0
Entrada de Vídeo	Conector CSI de 15 pinos
Saída de Vídeo	Porta HDMI 1.3
Saída de Áudio	Saída estéreo de 4 pólos
Armazenamento	Suporte para cartão SD
Conectividade sem fio	WiFi 802.11, Bluetooth 4.2, BLE
Rede com fio	Ethernet USB 2.0 (velocidade máxima de 300 Mbps)
Consumo	700 mA (3.5 W)
Alimentação	5V via Micro USB, suporte a PoE

Fonte: RaspberryPi. Disponível em ([RASPBERRYPI](https://www.raspberrypi.org/), 2019).

3 DESENVOLVIMENTO

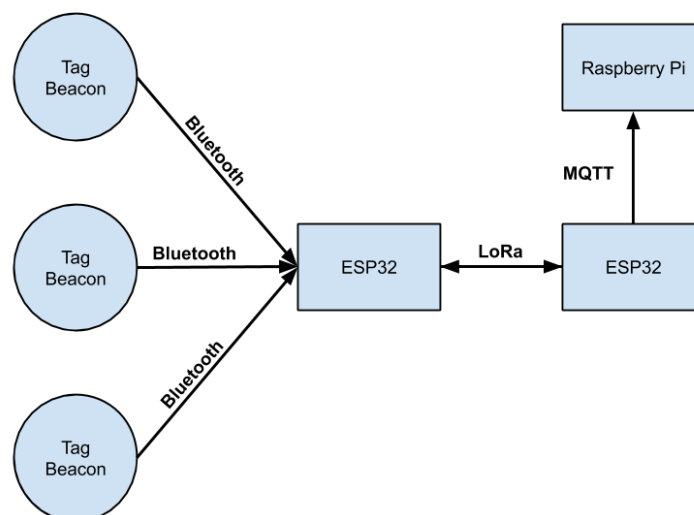
3.1 Projeto

Esse capítulo emprega em detalhes como o sistema todo foi projetado, isso inclui os módulos *Heltec WiFi LoRa 32* que foram configurados para atuar de estação coletora e estação central, e as implementações na *Raspberry Pi* para atuar tanto como Broker MQTT com o software Mosquitto quanto Cliente MQTT no Node-RED para enviar os dados no Banco de Dados local no servidor Apache.

Antes de entrar nos detalhes de cada componente do sistema, será apresentado uma visão geral do projeto como um todo. Para ser possível a localização dos animais na fazenda, é necessário que cada animal possua um *beacon* para identificação individual, isso significa que cada *beacon* possui um único UUID e está preso fisicamente ao animal, sua função é enviar pacotes de dados para a estação coletora via BLE. A estação coletora recebe esses dados e tenta enviar via *LoRa* para a estação central, caso receba uma mensagem de confirmação ela volta escanear ou tentar enviar o próximo pacote. A estação central recebe os dados e repassa para a *Raspberry Pi* via MQTT, que processa esses dados e finalmente envia para o banco de dados.

Todos os códigos desenvolvidos durante o projeto estão disponíveis em <<https://github.com/LucasSossai/tcc-animaltracker-esp32>>

Figura 5: Diagrama do sistema



Fonte: Elaborada pelo autor.

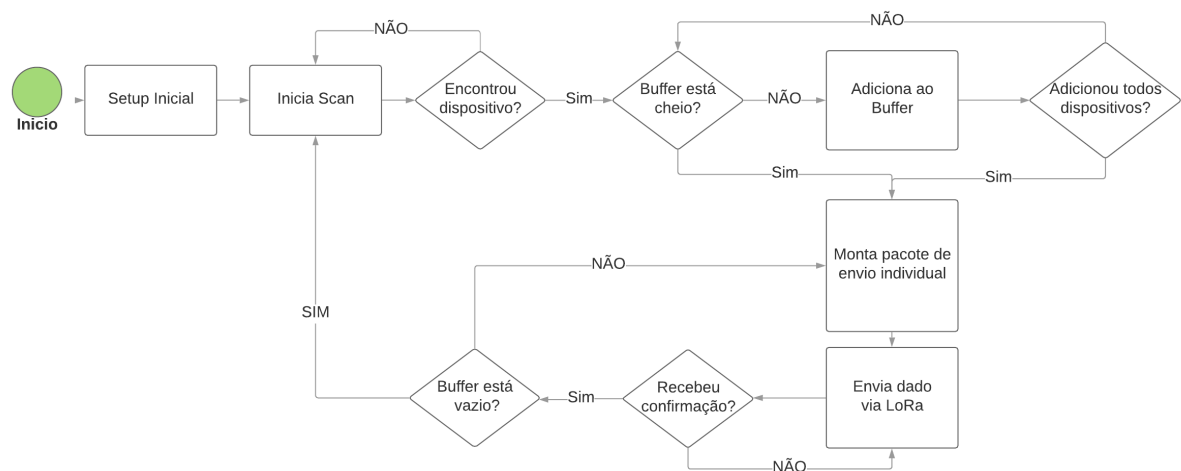
3.2 Desenvolvimento dos módulos *Heltec WiFi LoRa 32*

3.2.1 Estação coletora

Como o próprio módulo já possui todos componentes necessários para o sistema como comunicação BLE e *LoRa*, para a montagem só foi necessário conectar a placa via cabo USB para comunicação serial com a IDE *Arduino* e desenvolver o software.

O software é responsável por configurar o ESP32 para escanear os *beacons* próximos, processar os dados para extrair a UUID e a RSSI, armazenar em um *buffer* e enviar via *LoRa* assim que cada ciclo de *scan* acaba. Depois de enviar um pacote contendo informações referentes à um *beacon*, o programa aguarda receber um sinal de resposta da estação central, caso não receba ele tenta enviar novamente o pacote até obter sucesso e enviar o próximo dado. Quando todos os dados referentes à um *scan* são enviados, o programa inicia o processo de busca de novos *beacons* novamente. Inicialmente o *buffer* foi projetado para armazenar 5 *tags* simultaneamente pois para os experimentos realizados só foi utilizado uma *tag*. Abaixo está o fluxograma que ilustra o funcionamento da estação:

Figura 6: Fluxograma do software da estação coletora.

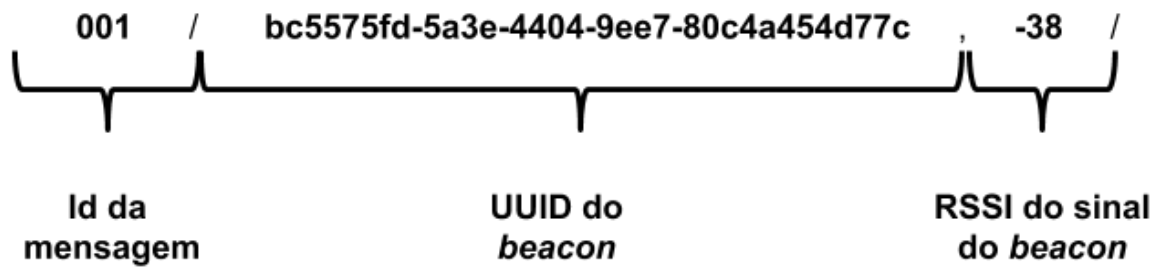


Fonte: Elaborada pelo autor.

3.2.2 Comunicação entre os módulos

Para garantir que os dados da estação coletora cheguem à estação central, a comunicação entre elas precisa ser bidirecional, para isso o pacote de dados foi estruturado para ser conforme a figura 7. A Id da mensagem é um valor inteiro que inicia em 0 e incrementa toda vez que um pacote é enviado com sucesso. A estação coletora considera que uma mensagem foi enviada com sucesso quando a estação central responde a Id da mensagem de volta em menos de 500 ms. Para garantir que a informação recebida está consistente com a enviada, o software utiliza o método CRC.

Figura 7: Exemplo de pacote de dados enviado via *LoRa*

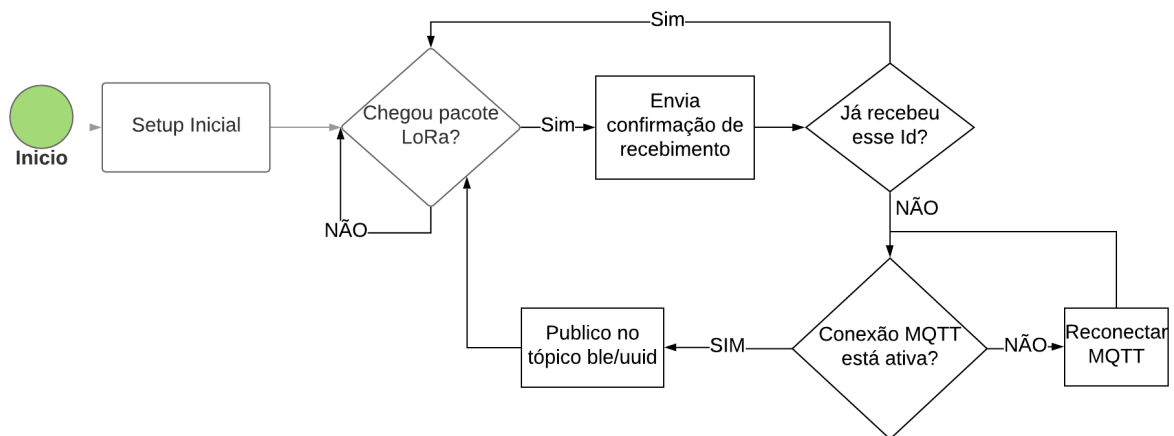


Fonte: Elaborada pelo autor.

3.2.3 Estação central

O comportamento do software da estação central está ilustrado na figura 10. Depois de iniciado, o módulo tenta conectar no *WiFi* local e no broker MQTT criado pela *Raspberry Pi*, se obtém sucesso ele começa a aguardar o recebimento de sinais *LoRa*. Sempre que recebe um pacote de dados, o módulo envia a confirmação, checa se a Id desse pacote já foi enviada via MQTT e caso não foi ainda, publica o dado recebido no tópico "ble/uuid".

Figura 8: Fluxograma do software da estação central.



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.3 Desenvolvimento da *Raspberry Pi*

Falo que foi instalado Node-RED e servidor Apache

3.3.1 Mosquitto

Falo do broker que tá rodando na raspberry e como o nodered e o arduino se conectam nele e a estrutura do tópico utilizado

3.3.2 Node-RED

Coloco foto do flow e explico a lógica do parser e como insere no BD.

Figura 9: Flow principal do Node-RED.



Fonte: Elaborada pelo autor.

```
var responseList = [];
var auxList = msg.payload.split('/');
msg.topic="INSERT INTO blescan (uuid, rssi) VALUES ";
auxList.splice(0,1);
if(auxList.length>0&&auxList[0]!="x" && auxList[0]!==''){
    auxList.forEach(function(item){
        var list = item.split(',');
        if(list[0]!=='&'& list[1]!=='&'){
            responseList.push(list[0]);
            if(!list[1]){
                responseList.push(0);
            }else{
                responseList.push(list[1]);
            }
        }
        msg.topic+="(?,?),";
    });
    msg.topic=msg.topic.substring(0,msg.topic.length-1);
    msg.payload=responseList;
    return msg;
```

3.3.3 Servidor Apache

Falo como foi configurado a tabela e os valores nela

Figura 10: Estrutura da tabela blescan no servidor Apache.

Nome	Tipo	Colaço	Atributos	Nulo	Padrão	Extra
uuid	text	latin1_swedish_ci		Não	Nenhum wrap (padrão: none)	
rsi	int(11)			Não	Nenhum wrap (padrão: none)	
timestamp	timestamp		on update CURRENT_TIMESTAMP	Não	CURRENT_TIMESTAMP	ON UPDATE CURRENT_TIMESTAMP
ID 	int(11)			Não	Nenhum wrap (padrão: none)	AUTO_INCREMENT

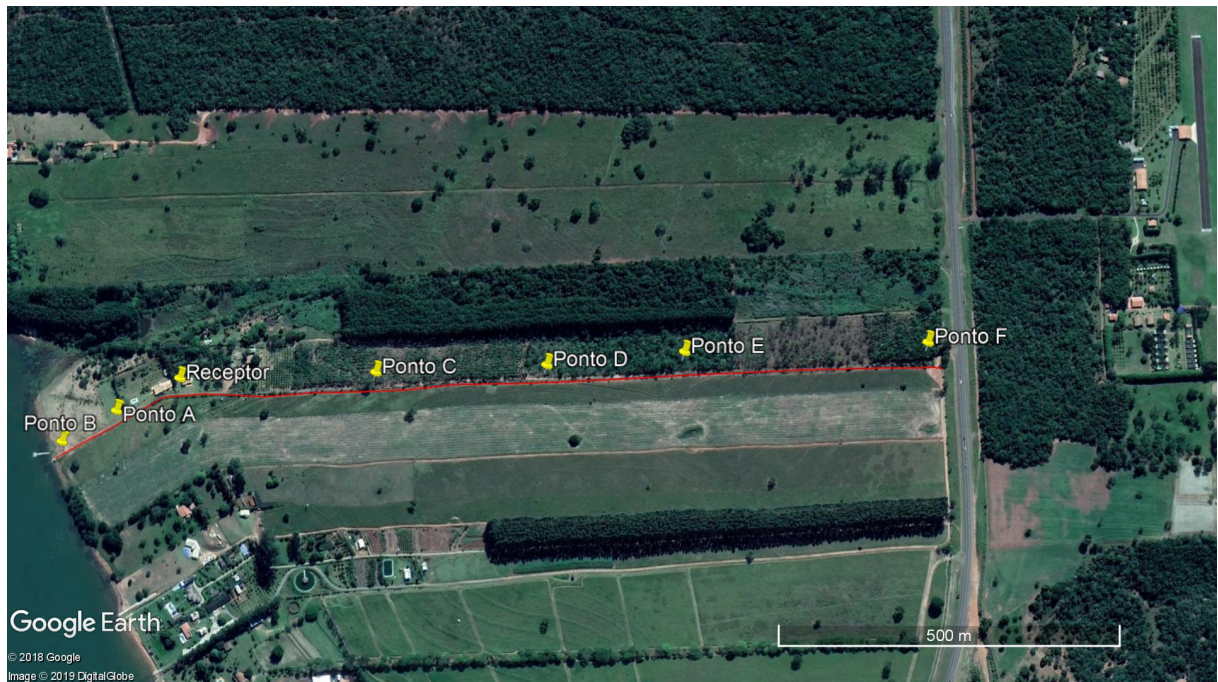
Fonte: Elaborada pelo autor.

4 EXPERIMENTOS E RESULTADOS

4.1 Ambiente de testes

Para realizar os testes e demonstrar o sistema proposto, foi escolhido um cenário rural onde foi possível testar a velocidade e o alcance da transmissão dos pacotes entre os módulos *Heltec WiFi LoRa 32*. A estação coletora foi posicionada em 6 pontos diferentes, junto de um *beacon* emitindo sinal durante uma hora em cada posição, enquanto o módulo com acesso à rede local foi fixado na sede da fazenda enviando os dados para a *Raspberry Pi*, que por sua vez armazena as informações no banco de dados. Na figura 11 é possível observar o mapa da onde foram realizados os testes, o mapa foi criado utilizando a ferramenta Google Earth, a linha vermelha representa o caminho percorrido e as coordenadas dos pontos de teste foram obtidas por um celular durante o experimento e depois inseridas manualmente no software de mapeamento.

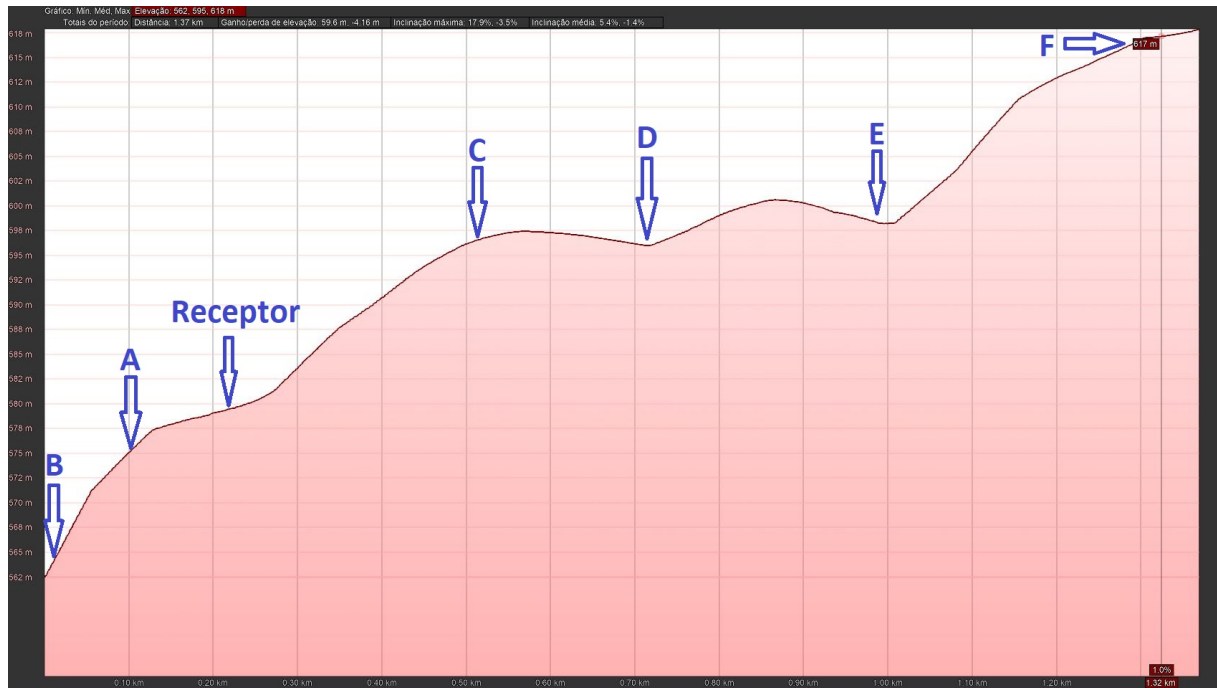
Figura 11: Mapa elaborado no Google Earth com os pontos onde foram realizados os testes.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Através da linha vermelha apresentada na figura 11 foi gerado o perfil de elevação no Google Earth apresentado abaixo na figura 12. É possível observar que os pontos A e B estão em uma elevação menor do que o do receptor enquanto os pontos C, D e E estão em maior altitude. A máxima distância de testes foi de 1087m entre o Ponto F e o receptor enquanto a máxima diferença de altitude, também entre o Ponto F e receptor, é de 38m.

Figura 12: Perfil de elevação do ambiente de testes.

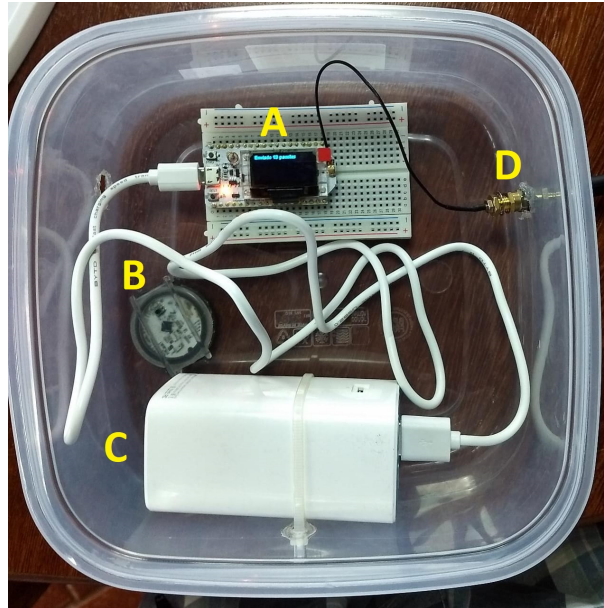


Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2 Estação coletora

Na figura 13 é possível observar a estação coletora montada para realizar os testes. Na imagem temos um Módulo *Heltec WiFi LoRa 32* (A) com sua antena (D) para comunicação *LoRa*, um *beacon* (B) e uma bateria (C). Para a montagem da estação, foi utilizado uma caixa de plástico onde uma *protoboard* foi fixada junto do módulo principal, utilizando um ferro quente foi aberto um buraco para saída da antena e dois buracos para fixar a bateria com uma abraçadeira.

Figura 13: Estação coletora utilizada nos testes.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para proteção extra contra a chuva, a caixa também foi embalada por sacolas plásticas para evitar que água entrasse dentro dela. Na figura 14 temos a estação coletora em funcionamento no ponto D em um dia chuvoso. A estação colheu dados por mais de 6 horas sem nenhum problema relacionado à umidade entrando na caixa.

Figura 14: Estação coletora enviando dados no Ponto D.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3 Resultado dos testes de velocidade de transmissão

Os resultados obtidos são mostrados na tabela 3:

Tabela 3: Características e resultados dos pontos de teste

Local	Distância entre Tx e Rx (m)	Diferença de altitude entre Tx e Rx (m)	Velocidade de transmissão (pacotes/hr)
Referência	0,1	0	839
Ponto A	115	-4	827
Ponto B	211	-15	693
Ponto C	318	17	812
Ponto D	557	18	44
Ponto E	777	21	23
Ponto F	1087	38	116

Fonte: Elaborado pelo autor.

Comparando a figura 12 com a tabela 3 é possível concluir que o principal desafio do sistema é transmitir quando se há relevo pois, para distâncias de até 300m a velocidade de transmissão se manteve próxima da referência, menos no Ponto B quando não havia linha de visão direta entre transmissor e receptor. Também é possível observar que houve uma queda brusca na velocidade de transmissão nos Pontos D e E e que a velocidade aumentou ao chegar no Ponto F, ou seja, mesmo com uma distância maior, no Ponto F foi possível obter um melhor resultado pois havia menos obstáculos até o receptor do que nos pontos D e E.

Durante o desenvolvimento também foi possível observar que quanto maior o tamanho do pacote enviado via *LoRa*, menor a taxa de recebimento desses pacotes por parte do receptor. Para pacotes acima de 200 bytes a taxa de recebimento foi na ordem de 5% para uma distância de 10 cm, enquanto que pacotes com 10 bytes atingiram uma taxa de 75% para uma distância de 2 Km.

5 CONCLUSÃO

5.1 Resumo

Explico como esse trabalho contribui para a AP, que usando LoRa é possível transmitir dados a longas distancias.

5.2 Dificuldades e Limitações

Explico que o sistema é limitado pela topografia da onde vai ser implementado e que é preciso no mínimo que na sede tenha uma rede local

5.3 Relacionamento entre o Curso e o Projeto

5.4 Trabalhos Futuros

REFERÊNCIAS

ABIEC. **Beef Report**: Os principais dados que mostram o perfil da pecuária brasileira. [s.n.], 2018. Disponível em: <<http://abiec.com.br/Sumario2019.aspx>>. Acesso em: 17 abril 2019.

ALBUQUERQUE, M. M. **Rede de sensores para aplicação em agricultura: um estudo de caso**. 2009. Dissertação (Mestrado), Porto Alegre, 2009.

ATZORI, L. The internet of things: a survey. **Computer Networks**, 2010.

HELTEC. **Página do produto Heltec Wifi Lora 32**. [s.n.], 2018. Disponível em: <<https://heltec.org/project/wifi-lora-32>>. Acesso em: 14 de maio 2019.

MAPA. **Agricultura de Precisão**: Informações sobre a agricultura de precisão. [s.n.], 2016. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/cartas-de-servico/desenvolvimento-agropecuário-cooperativismo-e-associativismo-rural/agricultura-de-precisao>>. Acesso em: 25 abril 2019.

RASPBERRYPI. **Página do produto Raspberry Pi 3 Model B**. [s.n.], 2019. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>>. Acesso em: 14 de maio 2019.

Apêndices

APÊNDICE A – CÓDIGO 1

Aqui vai meu código 1.