

IMPLEMENTAÇÃO DE REDE LORA NO SISTEMA DE TRANSPORTE INTRACAMPUS DA UFSM

Semana Final – Defesa

IoT, Low Power, Wide Area, Long Range...

Matheus Piotroski Neis

POR QUÊ?

1º Projeto de extensão - bUFSM:

- Projeto propôs a monitoração em tempo real do ônibus intracampus da UFSM;
- Uso de GPRS (rede celular) se mostrou um problema;

2º Gateway LoRa na UFSM:

- Instalado um gateway LoRa na reitoria;



POR QUÊ?

3º Conceitos:

- IoT - Internet of things (Internet das coisas) - Revolução do mundo, tudo e todos conectados;
- LPWAN - Low Power Wide Area Network (Rede de baixo consumo e grande abrangência) - Ramo específico para permitir a conexão de “coisas” à longas distâncias utilizando principalmente baterias como fonte de energia.

4º Projeções:

- São estimados números entre 15 e 30 Bilhões de dispositivos conectados para 2020;
- Entre a totalidade, se espera que a metade vai ter informações sobre sua localização;
- Um terço do total precisará indispensavelmente saber a sua localização.

O QUÊ?

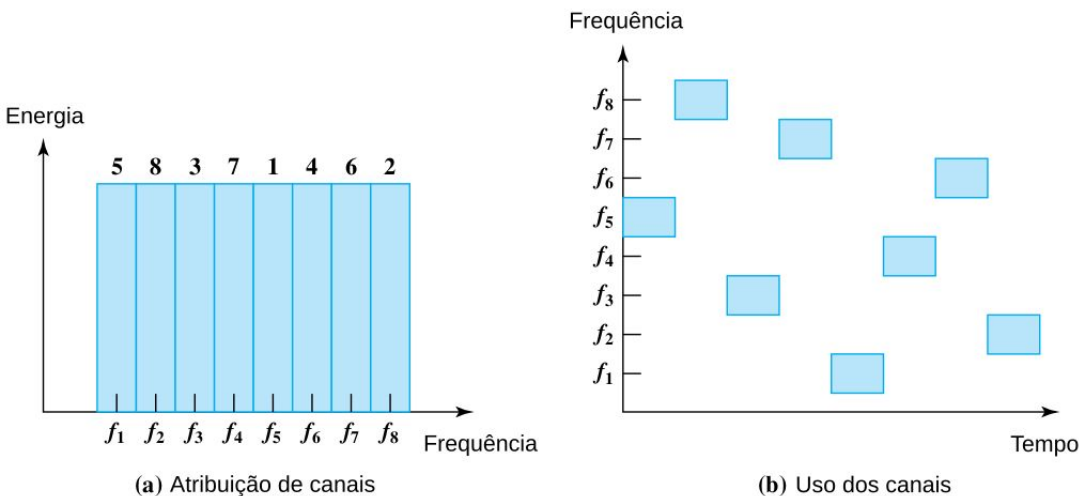
O trabalho tomou como referência as seguintes linhas:

- Analisar a possibilidade de implementar uma solução LoRa para função de localização do ônibus;
- Mapear a área de cobertura do *gateway*;
- Verificar a possibilidade de localização sem o uso de GPS.

MODULAÇÃO

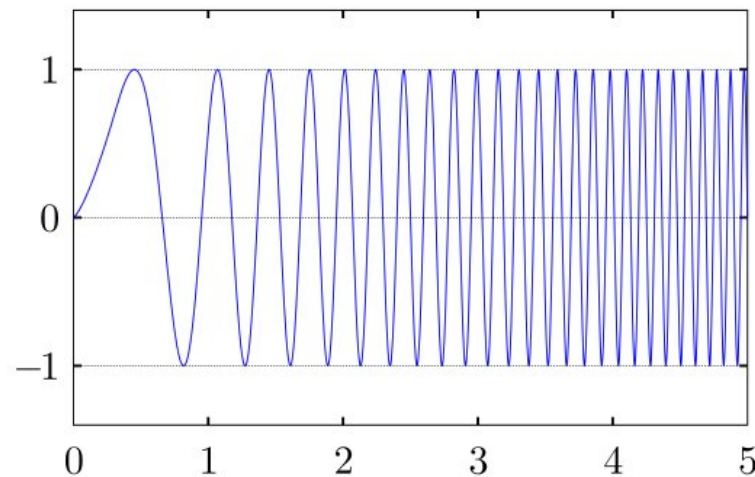
- A tecnologia utilizada pelo LoRa é a um tipo de modulação por espalhamento espectral (SSM).

Frequency-Hopping Spread Spectrum:



Fonte: Adaptado de Stallings (2007)

Chirp Spread Spectrum (CSS):

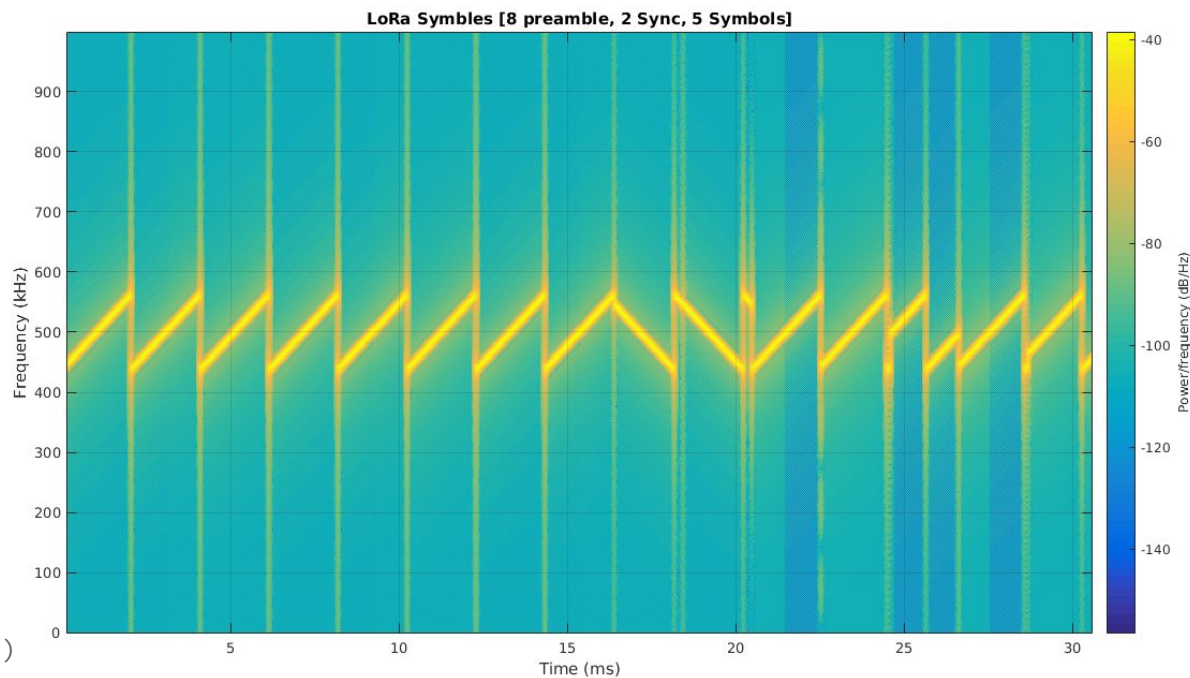


Fonte: LoRa... (2017)

LoRa

- Camada física do protocolo de comunicação;

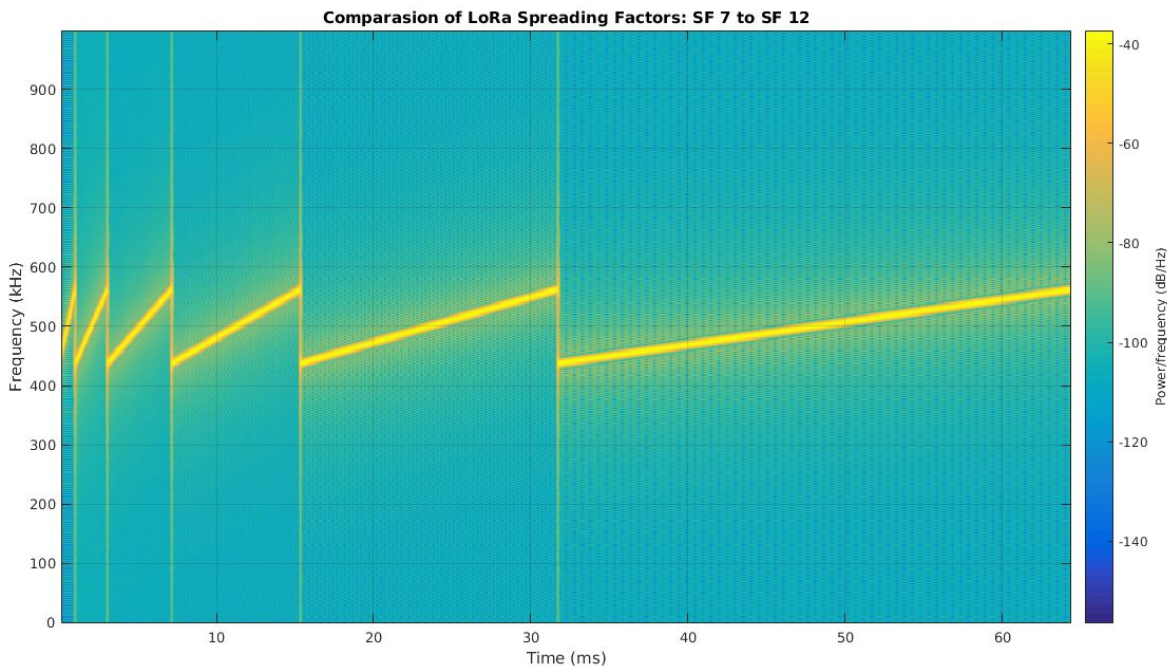
LoRa Spread Spectrum:



Fonte: LoRa... (2017)

LORA

Spreading Factor (SF):



Fonte: LoRa... (2017)

Coding Rate (CR):

<i>Coding Rate</i>	Taxa de sobrecarga
4/5	1.25
4/6	1.5
4/7	1.75
4/8	2

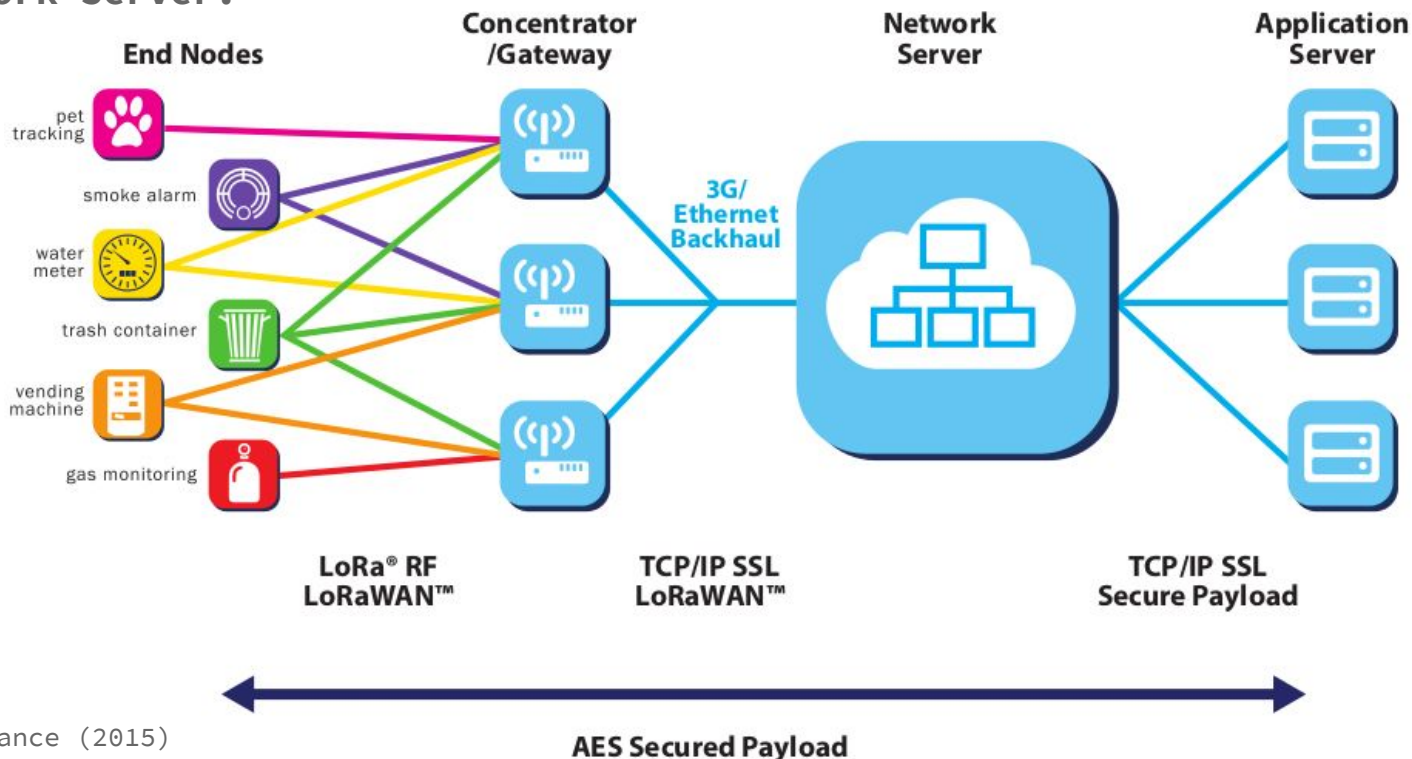
Fonte: Adaptado de SX1272 (2017)

LORAWAN

- Mantido pela LoRa Alliance;
- Representa a camada de acesso ao meio da tecnologia.
- Rede tipo “estrela”;
- Define 3 tipos de nós na rede:
 - Classe A: Mais econômico, alta latência;
 - Classe B: Consumo médio, latência programada;
 - Classe C: Consumo alto, baixa latência.

LORAWAN

- **Network Server:**



LORAWAN

- **Configurações regionais:**

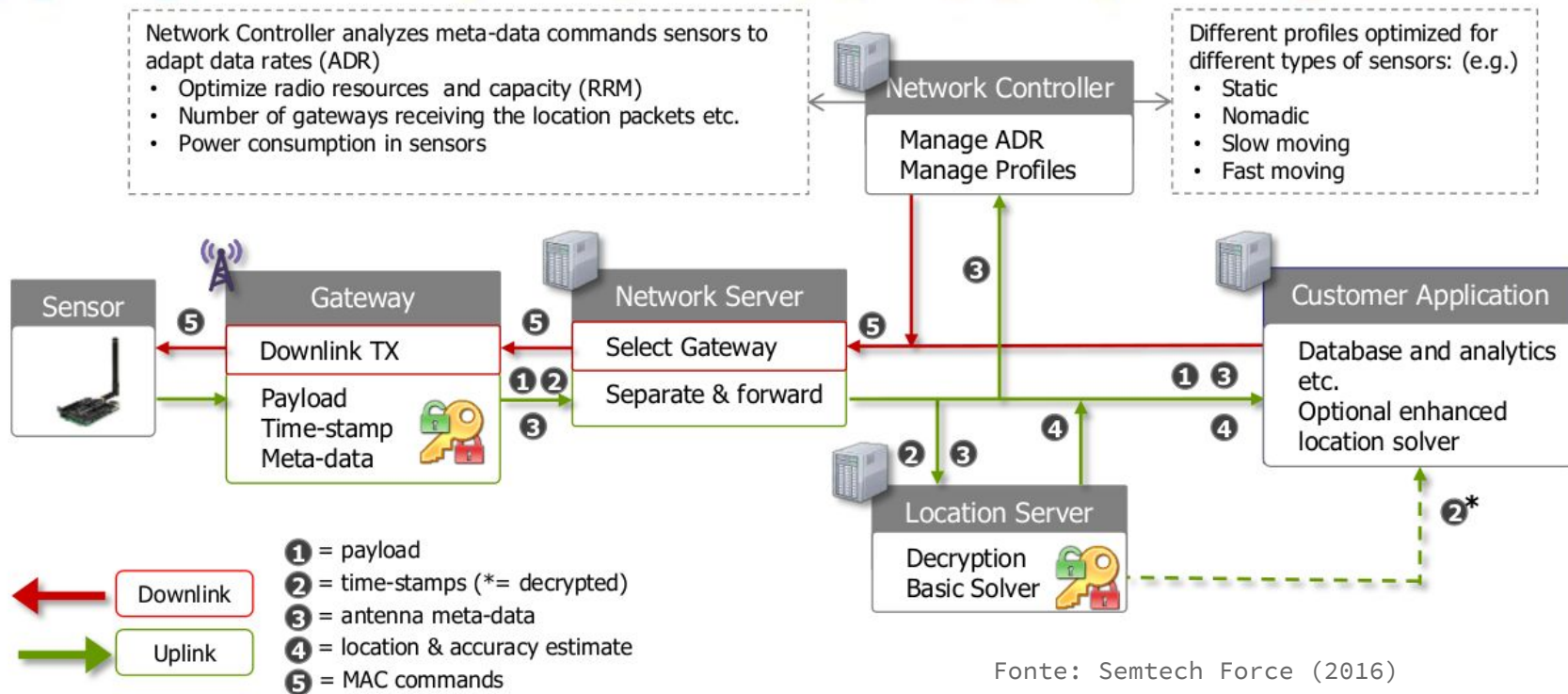
- Define as configurações de transmissão em cada região, sendo frequência, *coding rate* e *data rate* (DR);
- Para cada região há uma tabela de DRs que relacionam SFs e largura de banda (BW);
- Não há configurações regionais para o Brasil;
- AU915 – Com restrições:
 - Payload limitado pelo tempo de envio da mensagem (400ms no máximo).
- US915 – Com restrições:
 - Faixa entre 907,5 – 915 MHz não pode ser utilizada.
- Atualmente está sendo usado o esquema AU915 no gateway da UFSM.

Tabela de DRs AU915:

<i>Data Rate</i>	Configuração	<i>bit rate</i>
0	LoRa: <i>SF12/125kHz</i>	250
1	LoRa: <i>SF11/125kHz</i>	440
2	LoRa: <i>SF10/125kHz</i>	980
3	LoRa: <i>SF9/125kHz</i>	1760
4	LoRa: <i>SF8/125kHz</i>	3125
5	LoRa: <i>SF7/125kHz</i>	5470
6	LoRa: <i>SF8/500kHz</i>	12500
8	LoRa: <i>SF12/500kHz</i>	980
9	LoRa: <i>SF11/500kHz</i>	1760
10	LoRa: <i>SF10/500kHz</i>	3900
11	LoRa: <i>SF9/500kHz</i>	7000
12	LoRa: <i>SF8/500kHz</i>	12500

LORAWAN

- Geolocalização nativa (GPS-Free):



COMO?

- Hardware utilizado.
 - Módulos de comunicação LoRa RFM95W e Modem LoRaWAN RHF3M076;
 - Módulo GPS-Click (u-blox LEA-6S);
 - Controlador ATmega 328p (vulgo Arduino);
 - Gateway RHF2S008.



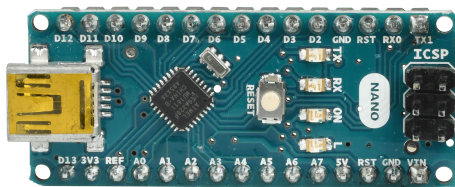
RFM95W



Modem LoRaWAN
RHF3M076



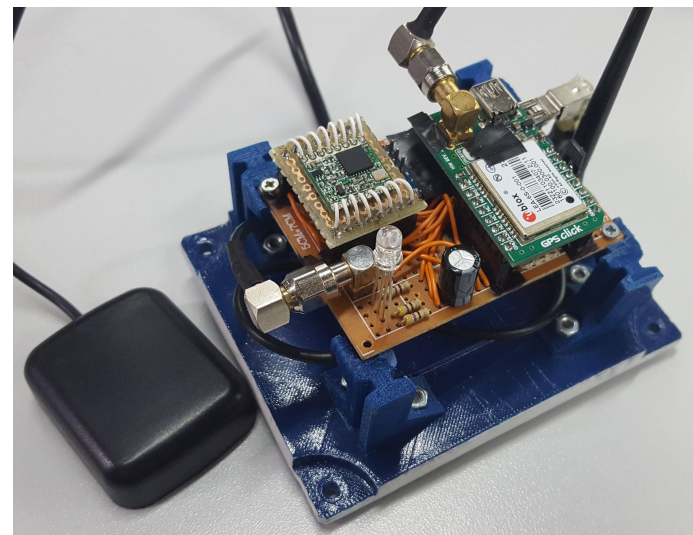
Gateway RHF2S008



Arduino Nano



GPS-click



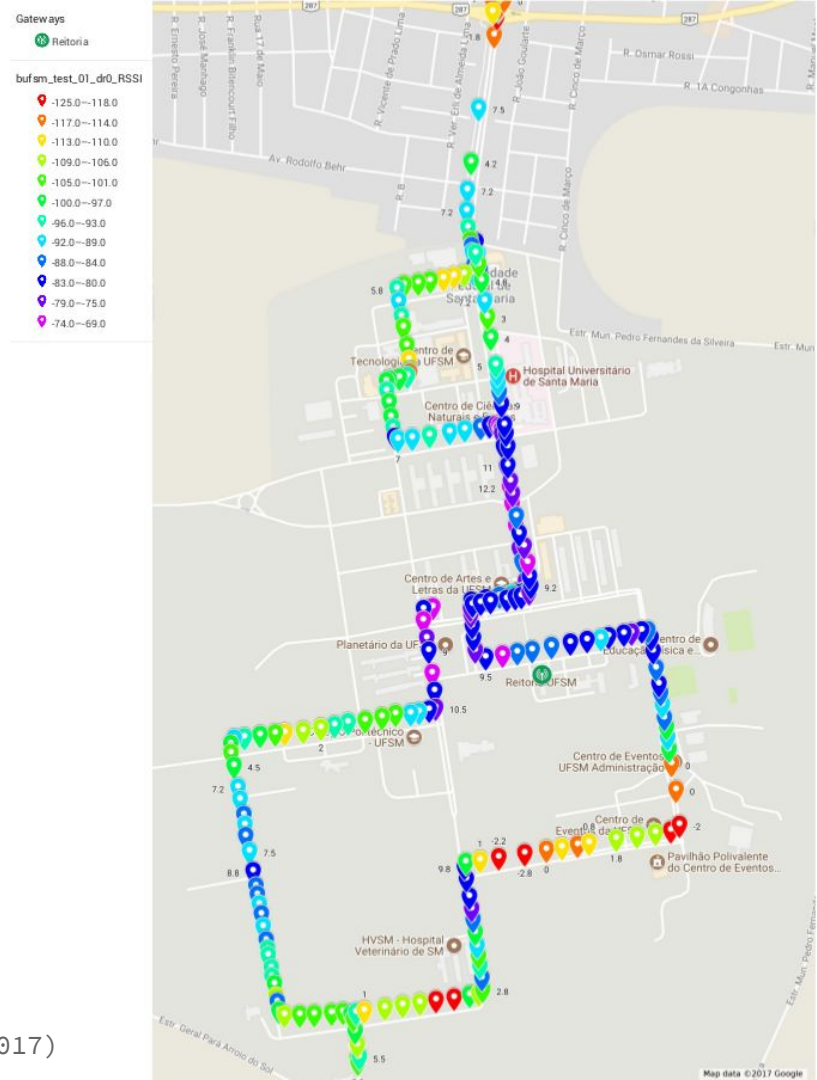
Rastreador do ônibus

COMO?

- Aplicação LoRaWAN no rastreador do ônibus:
 - LMIC - LoRaMAC in C:
 - Desenvolvido para STM32 e SX1272;
 - LMIC-arduino:
 - Adaptação para operar com Arduino e RFM95W;
- Configuração regional AU915:
 - Modem LoRaWAN:
 - Através de Scripts.
 - Rastreador do ônibus:
 - Modificação do sistema operacional LMIC.

MAPEAMENTO DE SINAL

- Utilizada a rota do ônibus;
- Teste com rastreador utilizando DR0 (SF12BW125) e 14dBm de potência;
- 93,9% dos pacotes foram entregues com sucesso.

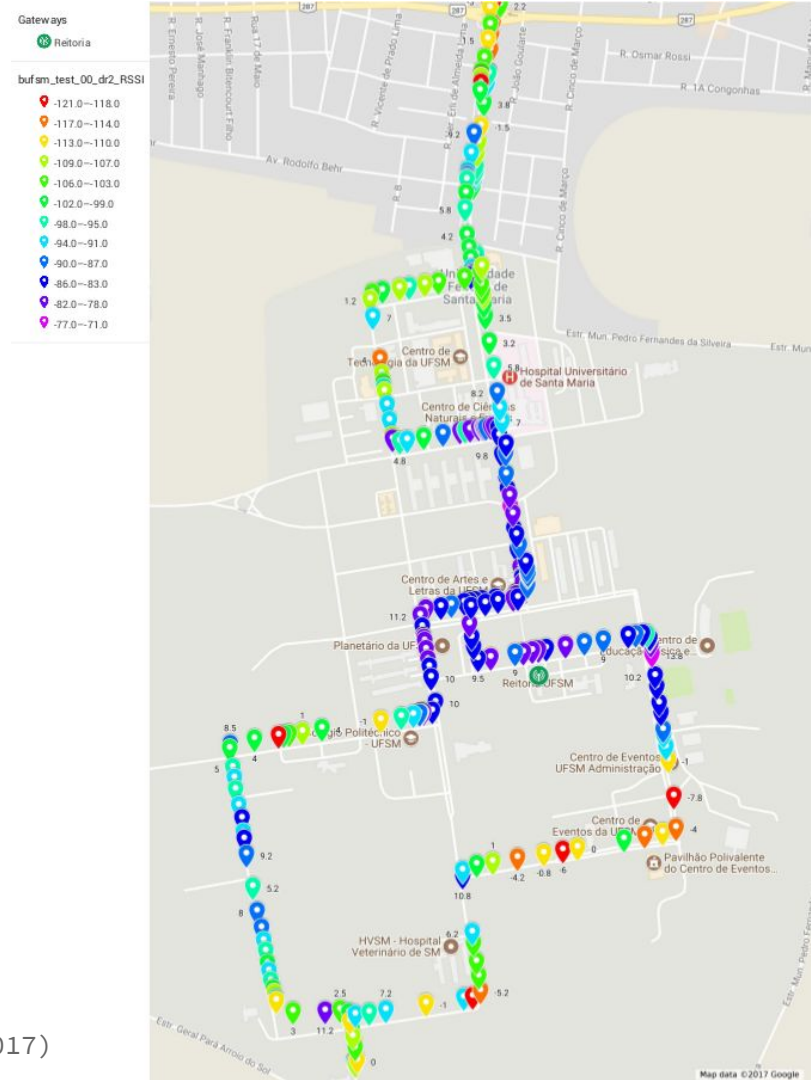


Fonte: Autor (2017)

MAPEAMENTO DE SINAL

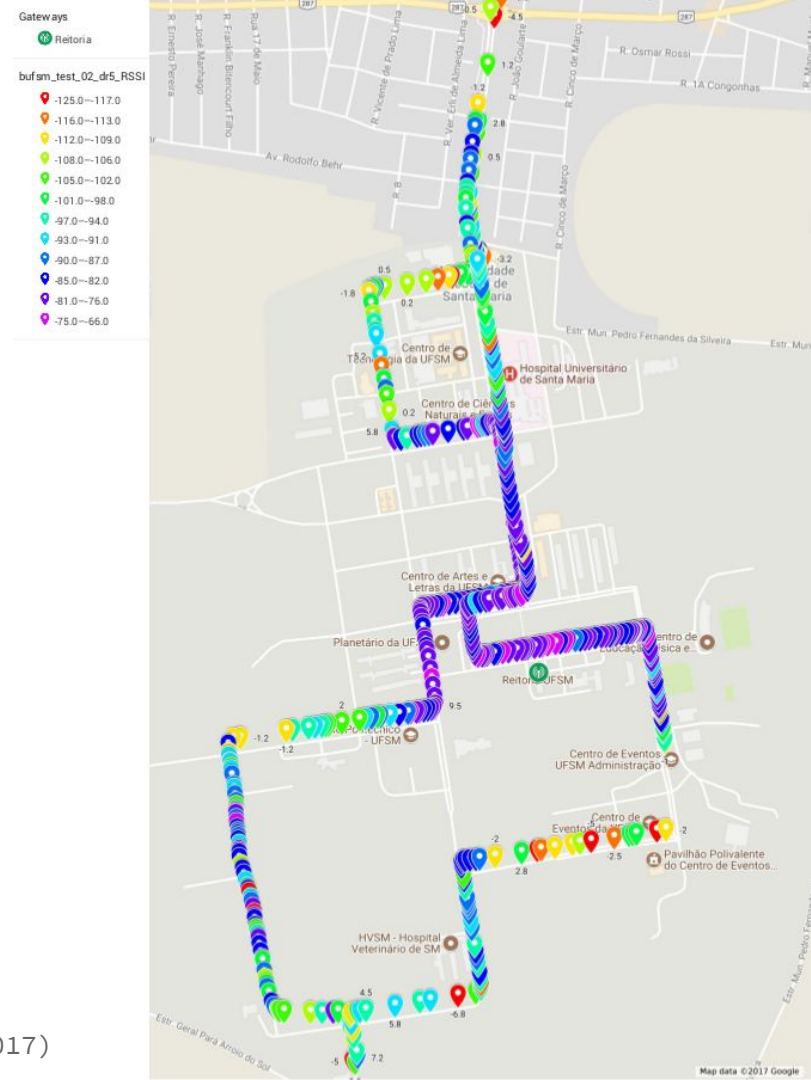
- Utilizada a rota do ônibus;
- Teste rastreador utilizando DR2 (SF10BW125) e 14dBm de potência;
- 87% dos pacotes foram entregues com sucesso.

Fonte: Autor (2017)



MAPEAMENTO DE SINAL

- Utilizada a rota do ônibus;
- Teste rastreador utilizando DR5 (SF7BW125) e 14dBm de potência;
- 73% dos pacotes foram entregues com sucesso.



Fonte: Autor (2017)

MAPEAMENTO DE SINAL

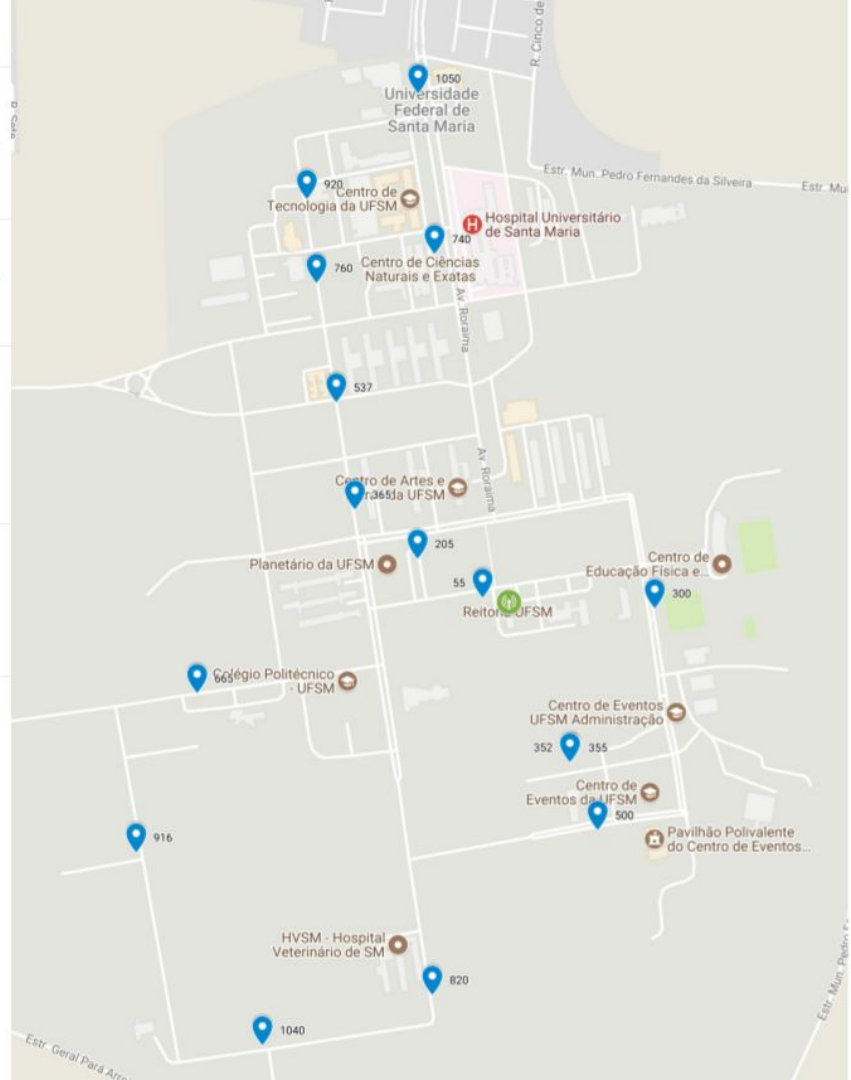
- Utilizado o dispositivo Modem LoRaWAN;
- 12 pontos de teste;
- Testes com 30 minutos de duração;
- Envios sequenciais com 5 configurações de potência;
- DR e frequência não causaram diferenças significativas nos parâmetros de entrada (RSSI e SNR);

Gateways
Reitoria
rising_test_00
352.0 m
1050.0 m
740.0 m
205.0 m

rising_test_01
1040.0 m
665.0 m
820.0 m

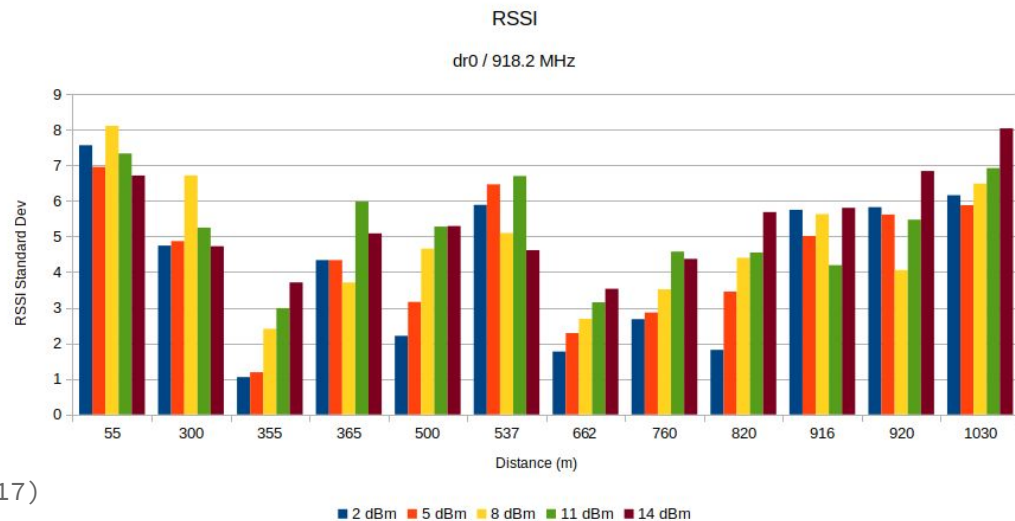
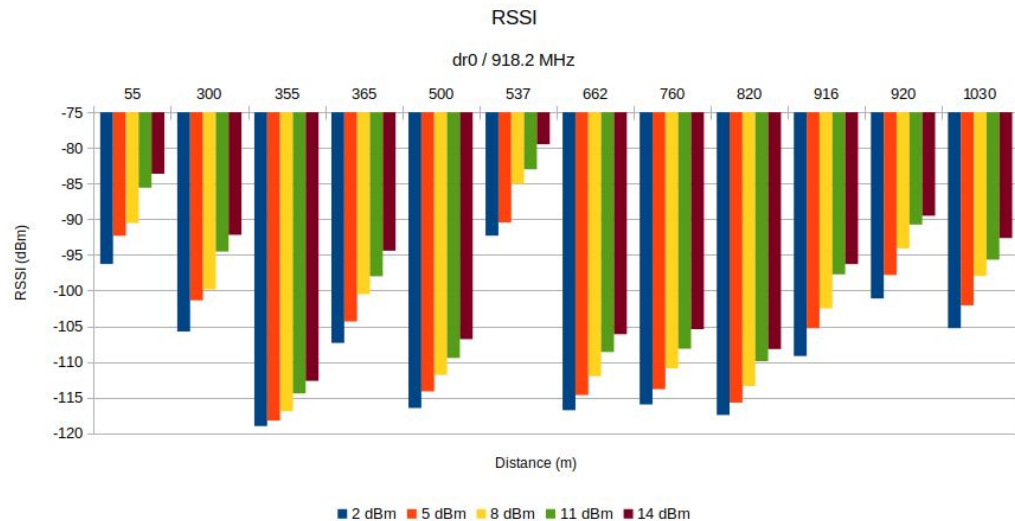
rising_test_02
355.0 m
920.0 m
760.0 m
537.0 m
365.0 m

rising_test_03
916.0 m
500.0 m
300.0 m
55.0 m



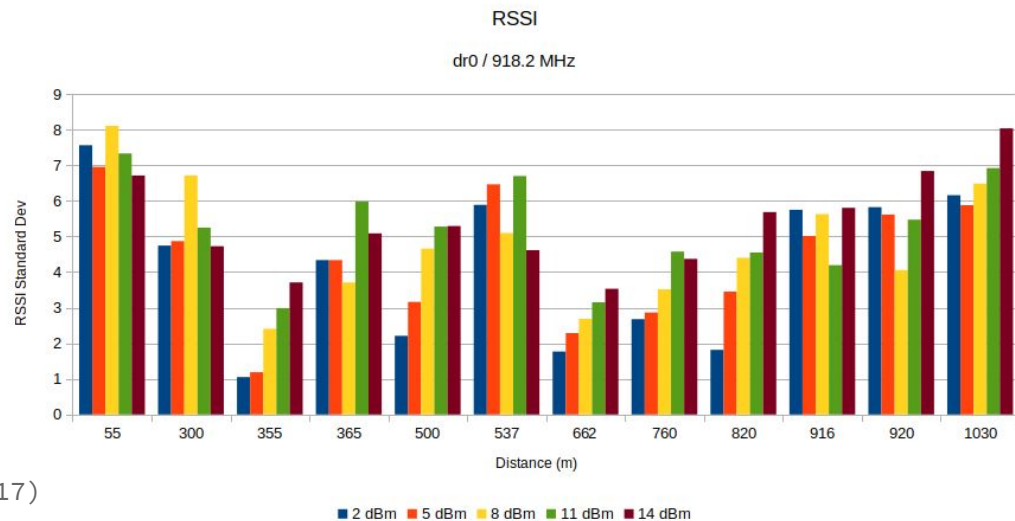
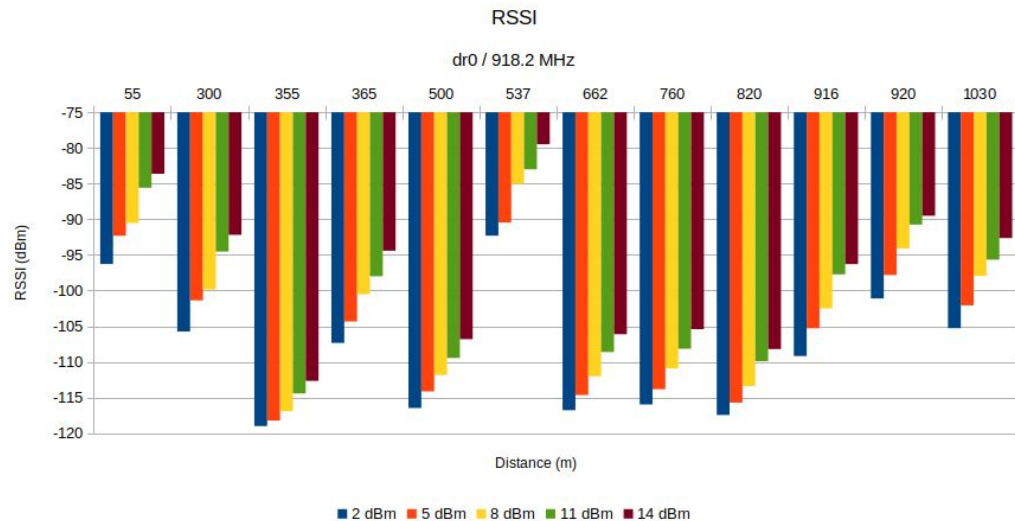
MAPEAMENTO DE SINAL

- Até mesmo para a menor potência em todos os pontos foi possível efetuar a comunicação;
- Fica evidente a variação do nível de sinal por conta do ambiente;
- Desvio padrão tem um comportamento quase aleatório.



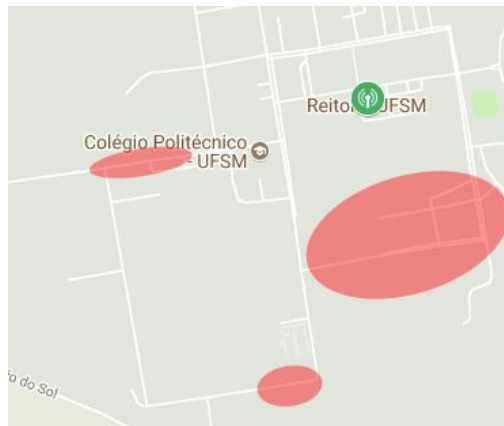
LOCALIZAÇÃO

- Não há correspondência direta entre a distância e o nível de RSSI;
- Não há correspondência direta entre a distância e o desvio padrão;
- Se considerarmos o desvio padrão apresentado, facilmente podemos confundir 300m com 1000m de distância;

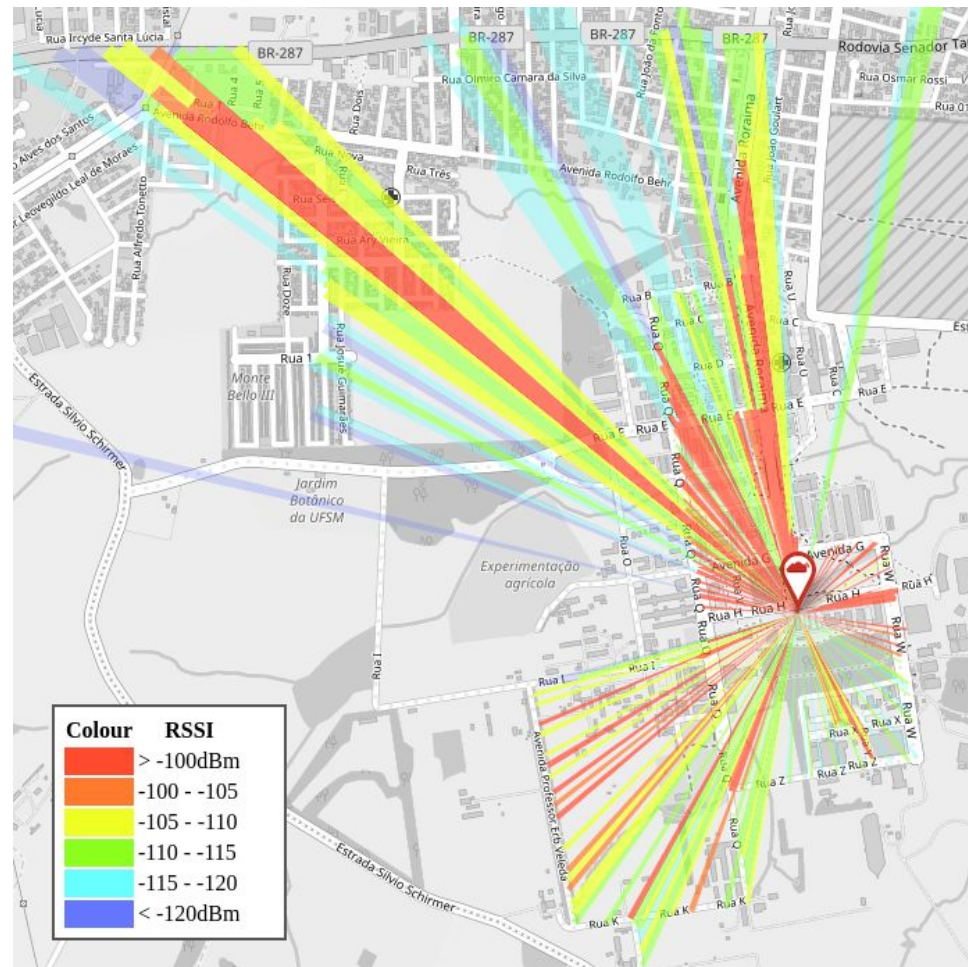


COBERTURA DE SINAL

- A cobertura do gateway instalado na reitoria é muito satisfatória;
- Existem poucos pontos de sombra;
- Uma grande área fora do campus é coberta pelo gateway.



Fonte: Autor (2017)



Fonte: Adaptado de TTN Mapper (2017)

ABRANGÊNCIA DE SINAL

- Em um teste feito na cidade de Silveira Martins - RS, utilizando o módulo RHF3M076 na configuração DR0 e potência de 14 dBm, foi possível comunicar à aproximadamente 15,5 km de distância.



CONCLUSÕES

- O uso da tecnologia LoRa proporcionou uma pequena economia em custos de hardware;
- O uso da tecnologia LoRa proporcionou uma grande economia de energia na aplicação específica:
 - Mais que 83,89% na aplicação atual;

	Consumo (mA)			
<i>Hardware</i>	<i>Standby</i>	<i>Ativo</i>	<i>Transmissão</i>	<i>Custo (U\$)</i>
Controlador	3,14	19,90	19,90	3,00
GPS	11 ,00	50,00	50,00	9,00
GPRS	2,00	400,00	2000,00	12,00 ¹
LoRa	1,60	5,80	58,00	10,00

¹ Necessário plano de dados.

CONCLUSÕES

- A cobertura da rede LoRa na UFSM é muito satisfatória, permitindo uma gama gigantesca de aplicações com dispositivos de baixíssimo consumo;
- LoRaWAN causa uma latência na entrega dos dados que pode ser problemática para a aplicação do ônibus;
- Redes de pequeno alcance na ISM são versáteis. Redes de longo alcance com camadas MAC simplificadas podem ter grandes problemas com ruído em larga escala;
- A predição de posição utilizando somente um *gateway* de primeira geração e sem GPS é praticamente inviável;
- Não foi possível efetuar o teste da tecnologia GPS-Free anunciada pela Semtech;

REFERÊNCIAS

- LoRa: Symbol Generation: All about lora and lorawan. 2017. Acesso em 22 nov. 2017. Disponível em: <<http://www.sghosly.com/p/lora-is-chirp-spread-spectrum.html>>
- LoRa Alliance. LoRaWAN : What is it?: A technical overview of lora® and lorawan. 2015. Acesso em 22 nov. 2017. Disponível em: <https://docs.wixstatic.com/ugd/ecccl1a_ed71ea1cd969417493c74e4a13c55685.pdf>.
- _____. LoRaWAN 1.1 Regional Parameters. 2017. Disponível em: <<https://www.lora-alliance.org/lorawan-for-developers>>.
- _____. LoRaWAN Security: Full end-to-end encryption for iot application providers. 2017. Acesso em 22 nov. 2017. Disponível em: <https://docs.wixstatic.com/ugd/ecccl1a_cc44304714c14f80a6ce50fcf9fcee2a.pdf>.
- MÜLLER, C. et al. Método de multilateração para algoritmos de localização em redes de sensores sem fio. Universidade Federal de Santa Maria, 2014.
- RAZA, U.; KULKARNI, P.; SOORIYABANDARA, M. Low power wide area networks: An overview. IEEE Communications Surveys Tutorials, v. 19, n. 2, p. 855–873, Second quarter 2017.
- Semtech Force. LoRaWAN – Network Architecture. 2016. Acesso em 22 nov. 2017. Disponível em: <<https://semtech.force.com/>>.
- STALLINGS, W. Data and Computer Communications (8th Edition). Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice-Hall, Inc., 2007.
- SX1272: Datasheet sx1272/73 – 860 mhz to 1020 mhz low power long range transceiver. 2017. Acesso em 22 nov. 2017. Disponível em: <<http://www.semtech.com/images/datasheet/sx1272.pdf>>.
- TTN Mapper. 2017. Acesso em 21 nov. 2017. Disponível em: <<https://ttnmapper.org/>>.

FINALIZANDO

Muito Obrigado pela atenção!

FIM

Perguntas?!

Muito Obrigado pela atenção!