

**INSTITUTO
FEDERAL**
Santa Catarina

Câmpus
São José

Resultados das medições com Lora

Comunicações sem fio (CSF029008)

Arthur Cadore Matuella Barcella
Gabriel Luiz Espindola Pedro
Gusto Paulo
Matheus Pires Salazar
Rhenzo Hideki Silva Kajikawa

17 de Dezembro de 2024

Sumário

1. Introdução	3
2. Fundamentação Teórica	4
2.1. Tecnologia LoRa	4
2.2. Modelo simplificado de perda de percurso	4
3. Análise dos Resultados	5
3.1. Resultados Obtidos pelo Radio Mobile	5
3.2. Resultados Medidos	19
3.3. Mapa de Calor	19
4. Conclusão	20

1. Introdução

Este relatório apresenta os resultados e análises obtidos durante as atividades de simulação e medições de enlaces Lora (Long Range). Técnologia essa que é tem sido utilizada em sistemas de comunicação de baixa potência e longo alcance.

Foram realizadas medições do sinal RSSI (Received Signal Strength Indicator) utilizando uma ESP32 da Robocore com módulo LoRa, disponibilizado pelo professor. Além disso, foi utilizada o software Radio Mobile para calcular os valores teóricos para cada ponto medido, comparando com os resultados medidos em campo.

2. Fundamentação Teórica

2.1. Tecnologia LoRa

LoRa é uma tecnologia de rede de baixa potência e alto alcance , baseada em espalhamento espectral e tecnicas de modulação derivadas da chirp spread spectrum (CSS) , assim o Lora pode chegar até 10km em condições ideais.

RSSI é uma métrica que indica a potência do sinal recebido em dBm. Em comunicações, o valor do RSSI é fundamental para analisar a qualidade do enlace e calcular o expoente de perda no canal de propagação

2.2. Modelo simplificado de perda de percurso

A perda de sinal em um canal é modelada por:

$$L(d) = L(d_0) + 10n \log\left(\frac{d}{d_0}\right) \quad (1)$$

- d : distância transmissor-receptor;
- d_0 : distância de referência;
- n : expoente de perda de percurso;

3. Análise dos Resultados

Foram escolhidos 6 pontos onde seriam feitas as medições. A partir disso foi feita o cálculo teórico através do Radio Mobile e também foram feitas medições em campo.

3.1. Resultados Obtidos pelo Radio Mobile

Ponto de referência escolhido próximo ao gateway.

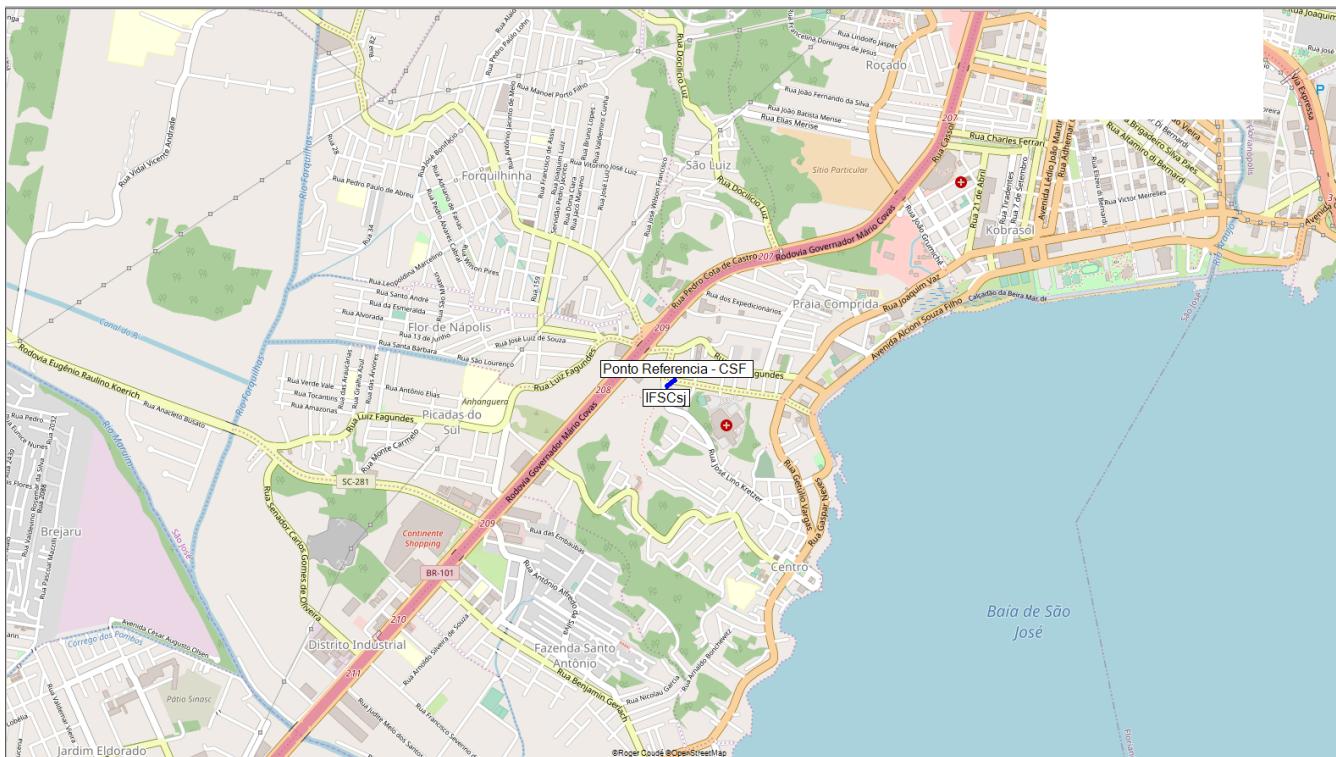


Figura 1: Localização do ponto de referência

Fonte: Elaborada pelo autor

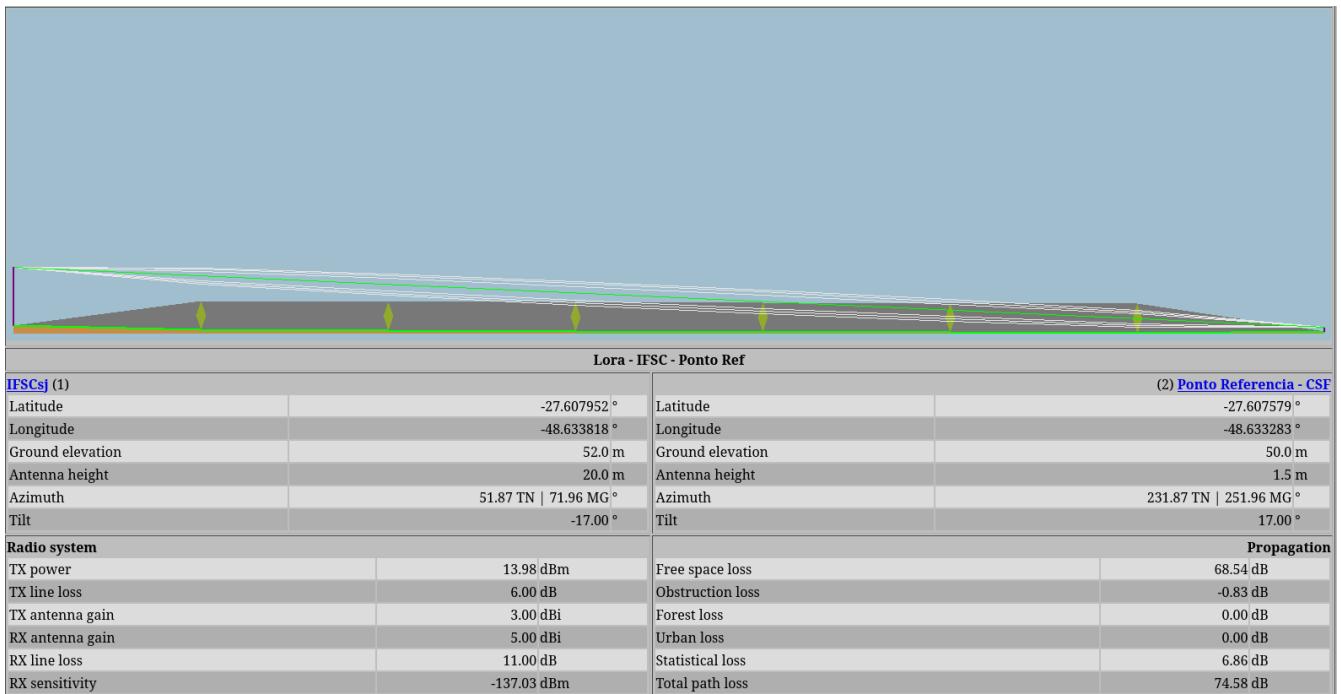


Figura 2: Cálculo teórico através do Rádio Mobile
Fonte: Elaborada pelo autor

Performance	
Distance	0.067 km
Precision	9.6 m
Frequency	915.000 MHz
Equivalent Isotropically Radiated Power	0.013 W
System gain	138.00 dB
Required reliability	75.000 %
Received Signal	-69.60 dBm
Received Signal	74.14 µV
Fade Margin	63.42 dB

Figura 3: Cálculo teórico através do Rádio Mobile
Fonte: Elaborada pelo autor

Primeiro ponto simulado.

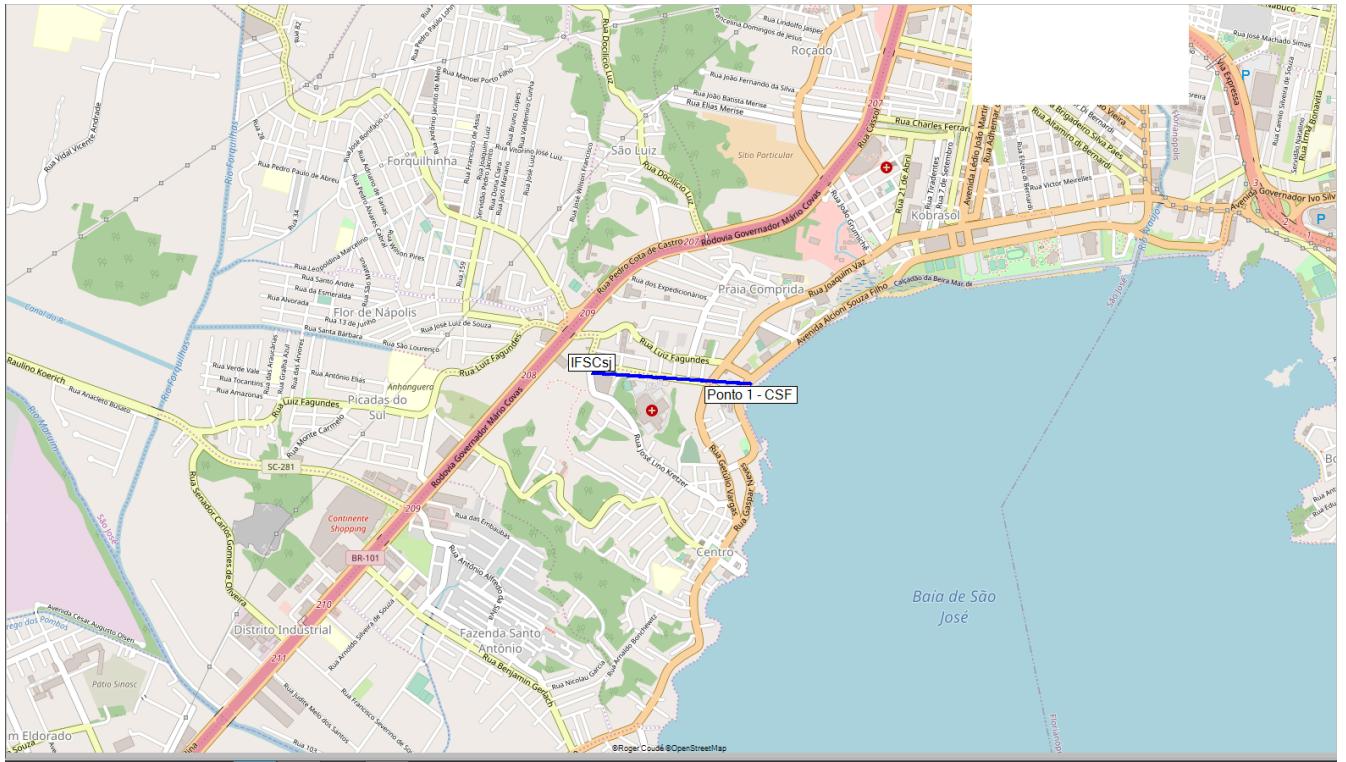


Figura 4: Localização do primeiro ponto de medição

Fonte: Elaborada pelo autor

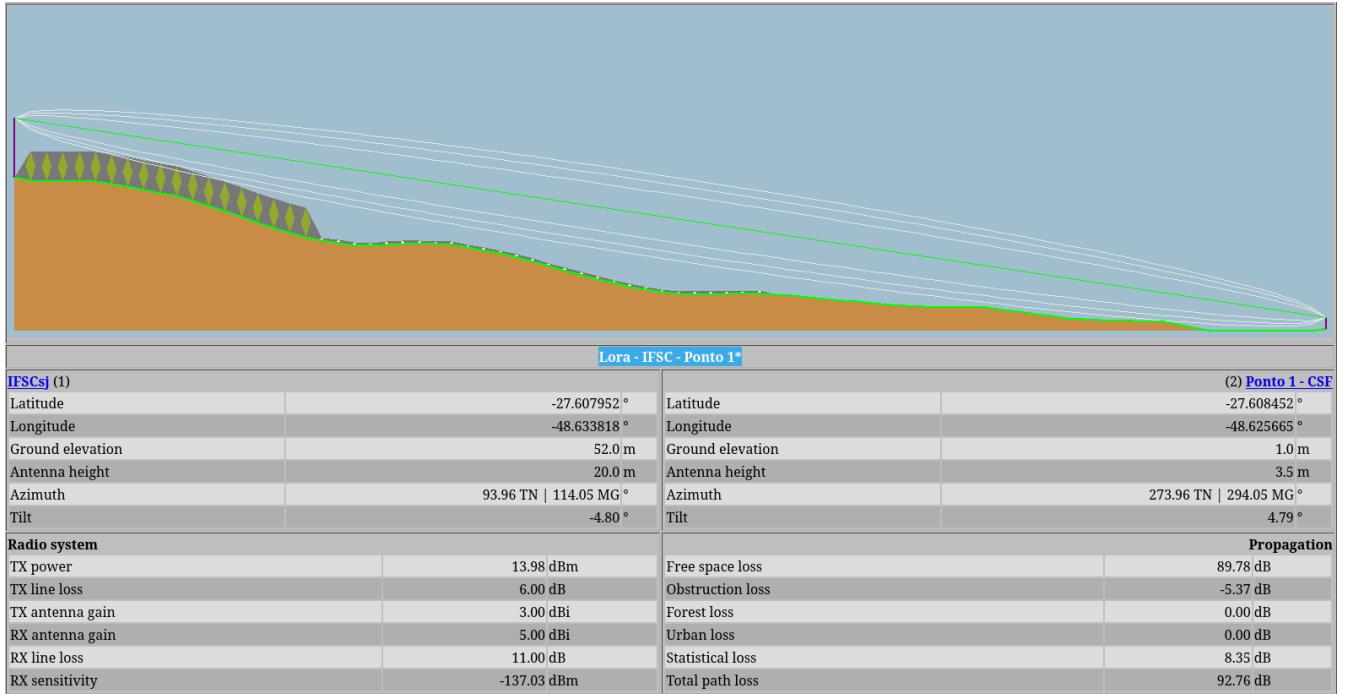


Figura 5: Cálculo teórico através do Rádio Mobile

Fonte: Elaborada pelo autor

Performance	
Distance	0.805 km
Precision	9.9 m
Frequency	915.000 MHz
Equivalent Isotropically Radiated Power	0.013 W
System gain	138.00 dB
Required reliability	75.000 %
Received Signal	-87.78 dBm
Received Signal	9.14 µV
Fade Margin	45.24 dB

Figura 6: Cálculo teórico através do Rádio Mobile

Fonte: Elaborada pelo autor

Segundo ponto simulado.

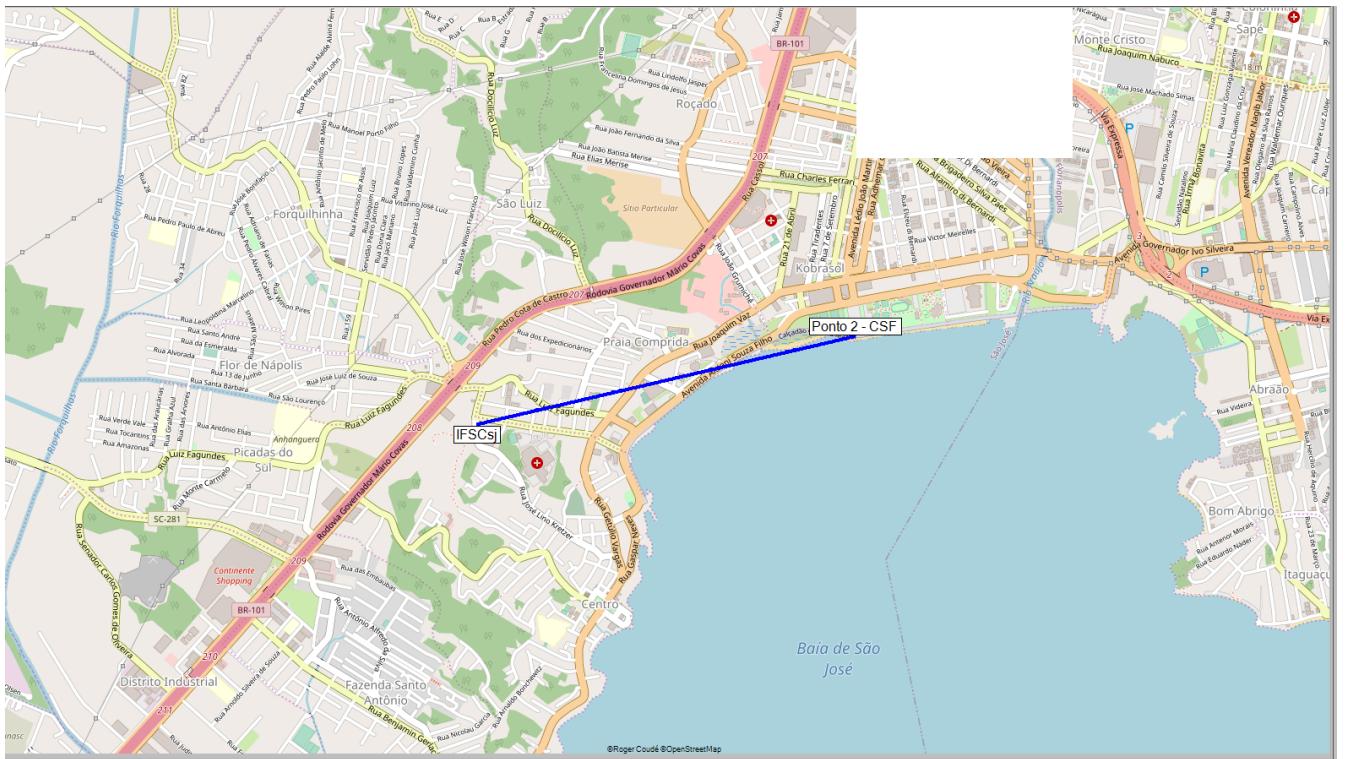


Figura 7: Localização do Segundo ponto de medição

Fonte: Elaborada pelo autor

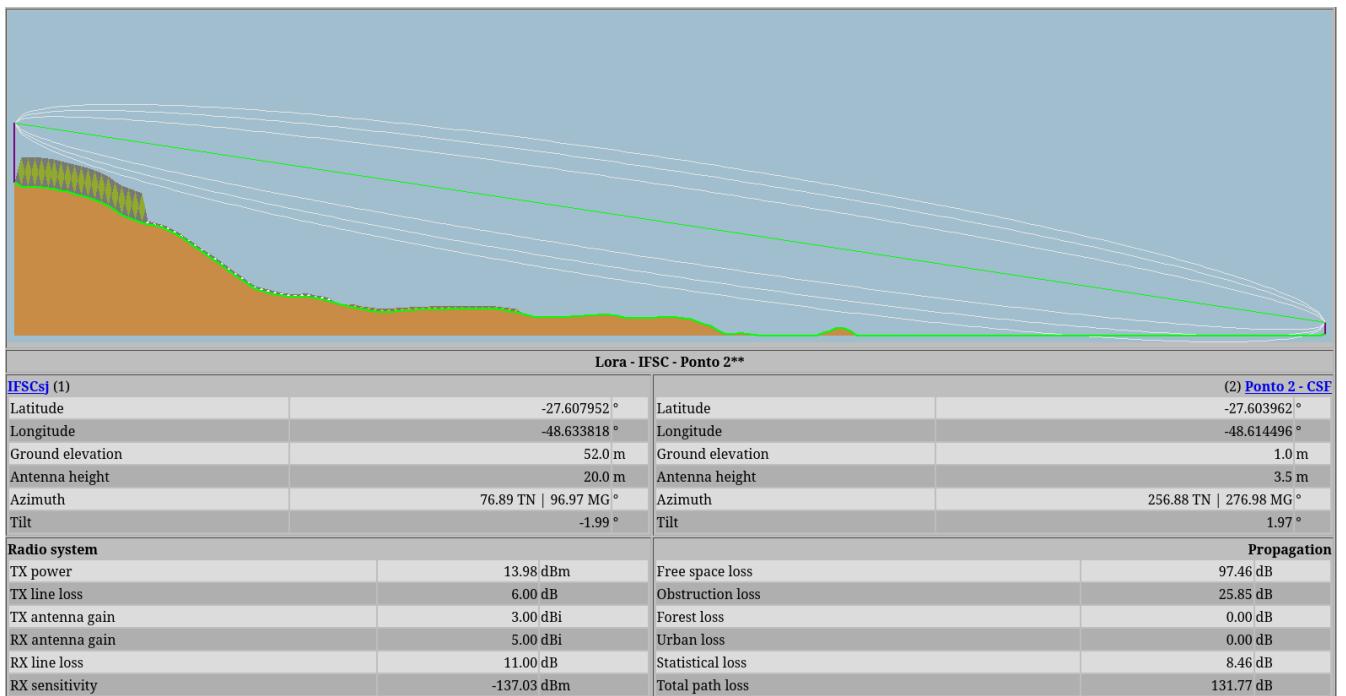


Figura 8: Cálculo teórico através do Rádio Mobile

Fonte: Elaborada pelo autor

Performance	
Distance	1.955 km
Precision	10.0 m
Frequency	915.000 MHz
Equivalent Isotropically Radiated Power	0.013 W
System gain	138.00 dB
Required reliability	75.000 %
Received Signal	-126.79 dBm
Received Signal	0.10 µV
Fade Margin	6.23 dB

Figura 9: Cálculo teórico através do Rádio Mobile

Fonte: Elaborada pelo autor

Terceiro ponto simulado.

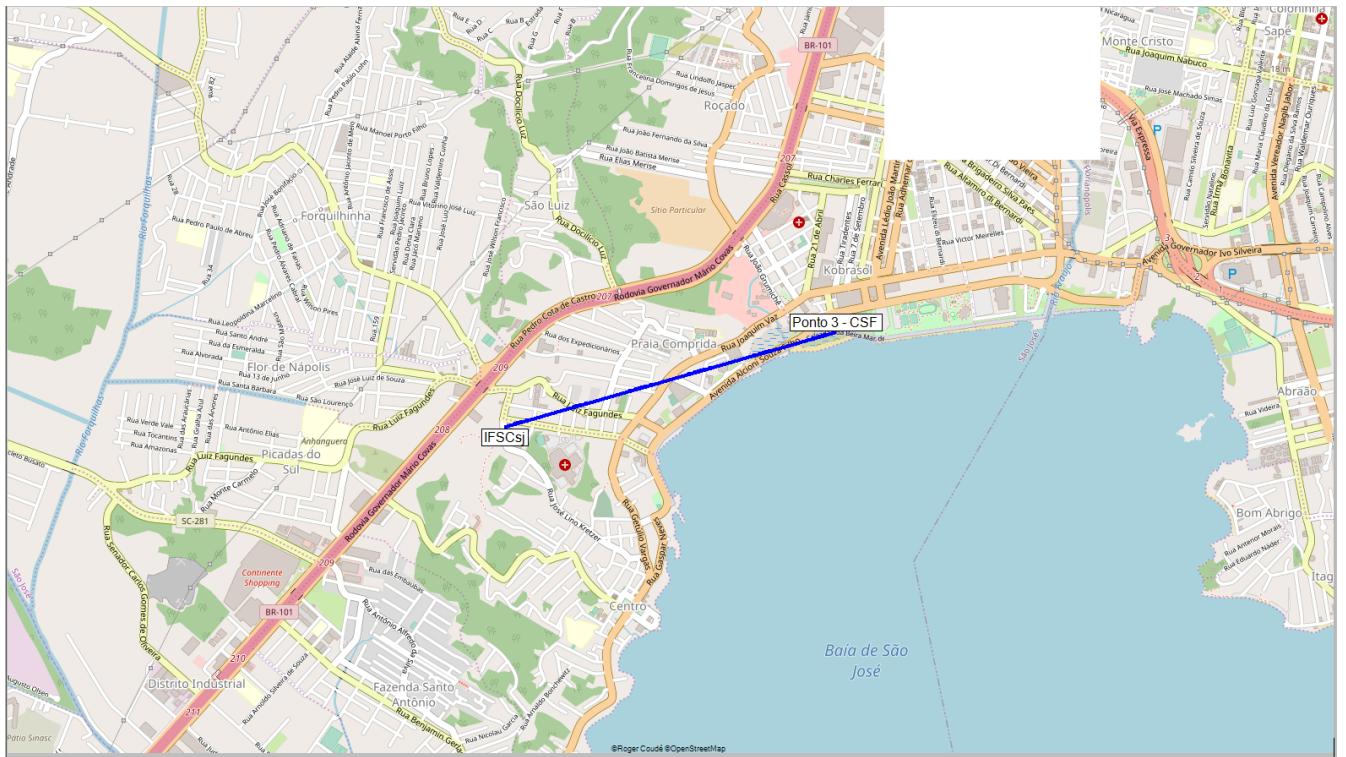


Figura 10: Localização do Terceiro ponto de medição

Fonte: Elaborada pelo autor

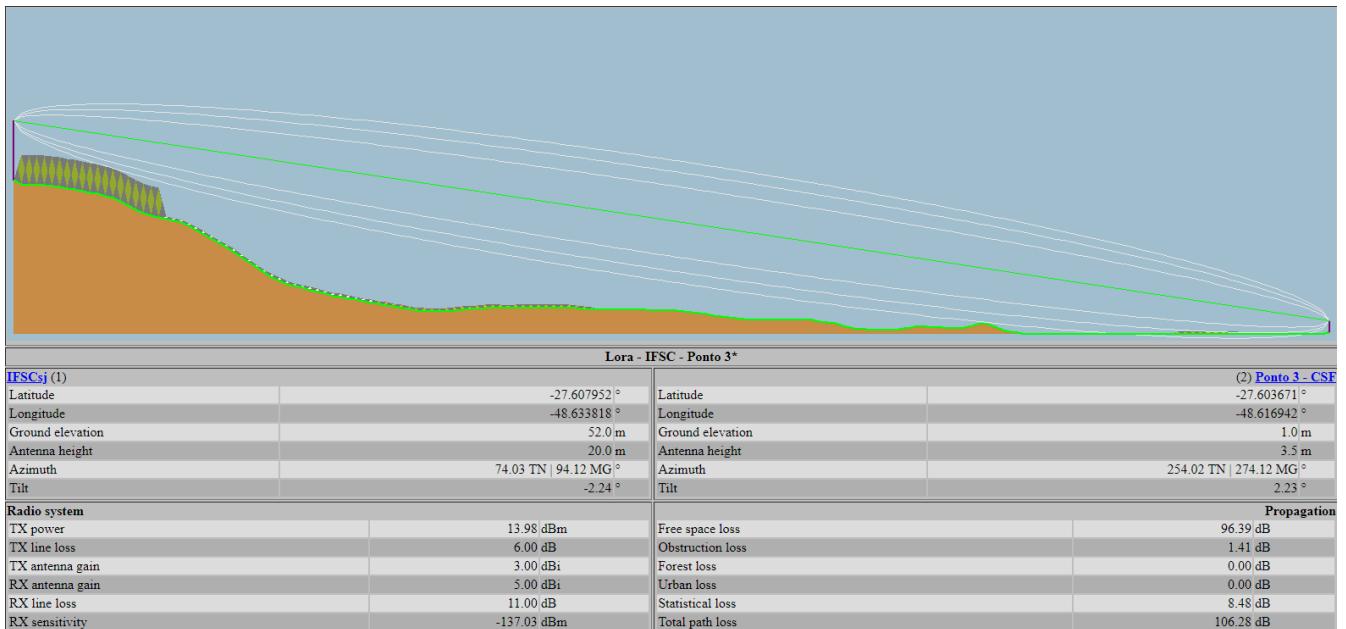


Figura 11: Cálculo teórico através do Rádio Mobile

Fonte: Elaborada pelo autor

Performance	
Distance	1.730 km
Precision	10.0 m
Frequency	915.000 MHz
Equivalent Isotropically Radiated Power	0.013 W
System gain	138.00 dB
Required reliability	75.000 %
Received Signal	-101.30 dBm
Received Signal	1.93 µV
Fade Margin	31.72 dB

Figura 12: Cálculo teórico através do Rádio Mobile
Fonte: Elaborada pelo autor

Quarto ponto simulado.

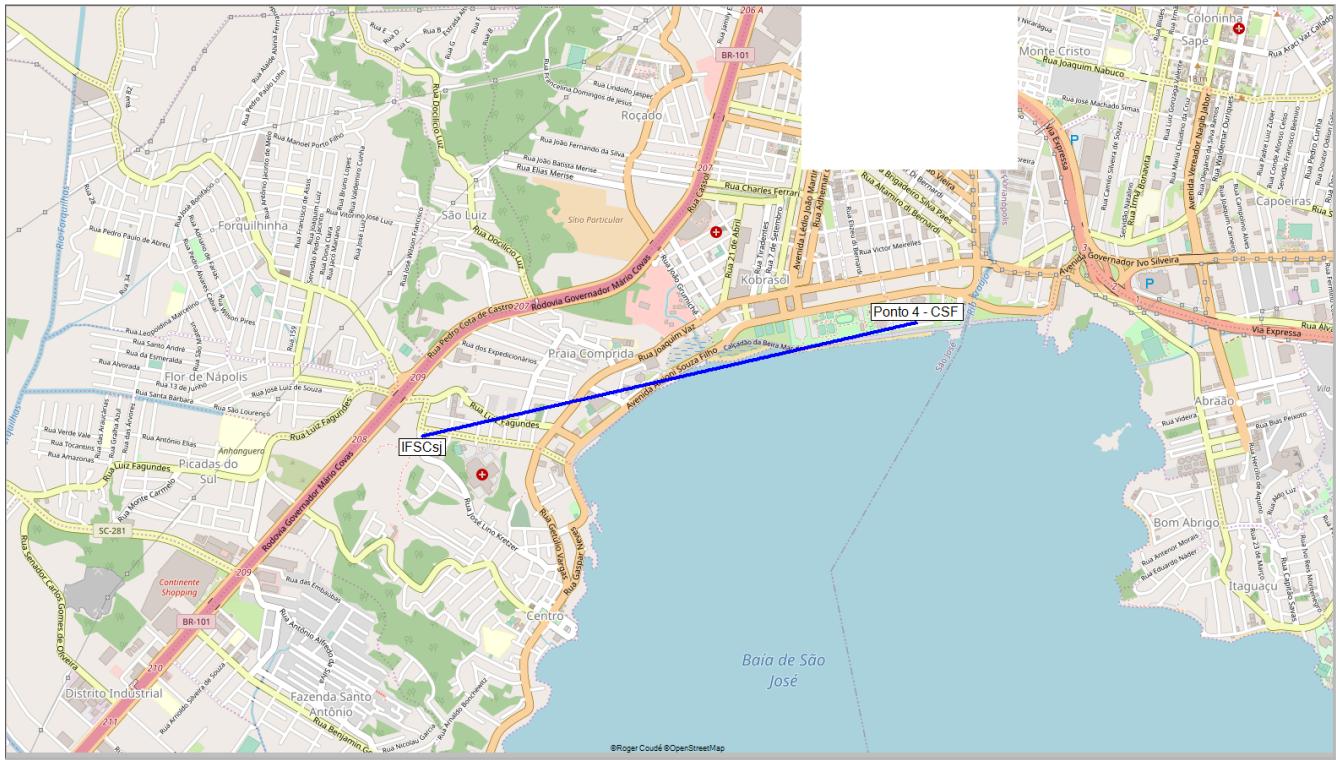


Figura 13: Localização do Quarto ponto de medição

Fonte: Elaborada pelo autor

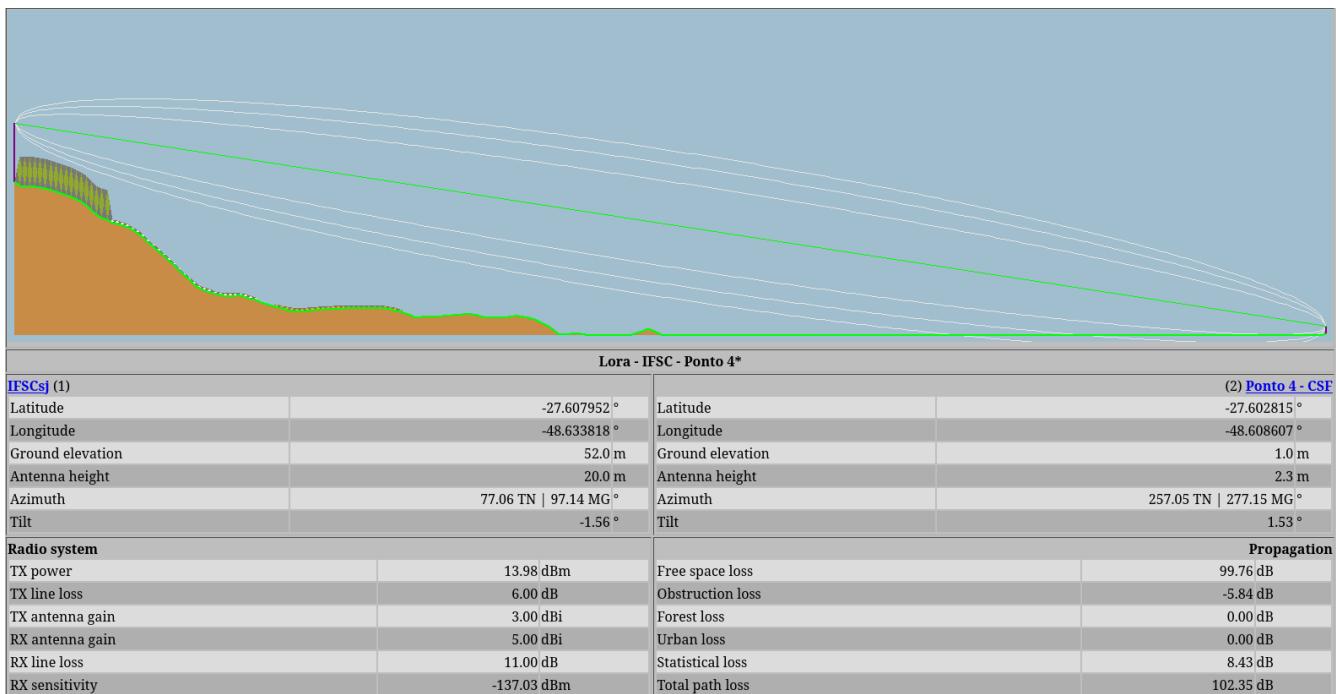


Figura 14: Cálculo teórico através do Rádio Mobile

Fonte: Elaborada pelo autor

Performance	
Distance	2.549 km
Precision	10.0 m
Frequency	915.000 MHz
Equivalent Isotropically Radiated Power	0.013 W
System gain	138.00 dB
Required reliability	75.000 %
Received Signal	-97.37 dBm
Received Signal	3.03 µV
Fade Margin	35.65 dB

Figura 15: Cálculo teórico através do Rádio Mobile

Fonte: Elaborada pelo autor

Quinto ponto simulado.

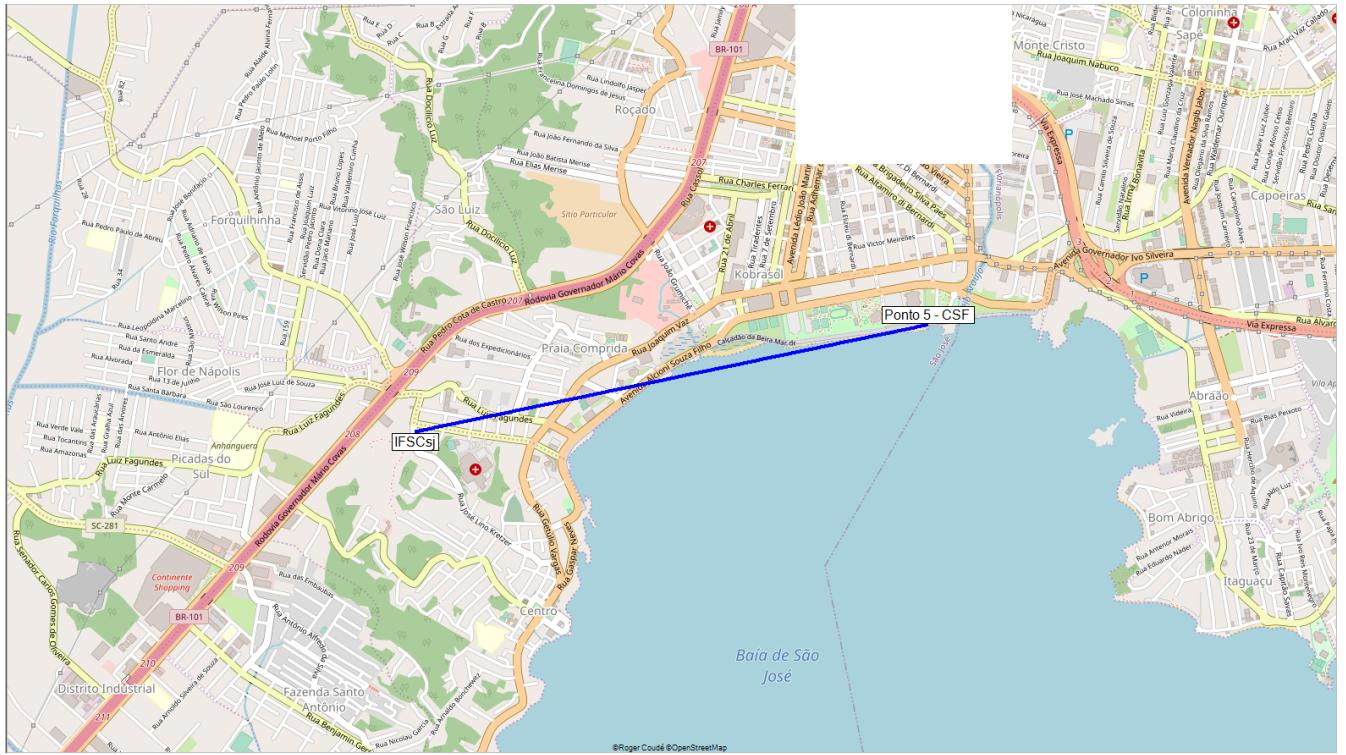


Figura 16: Localização do Quinto ponto de medição

Fonte: Elaborada pelo autor

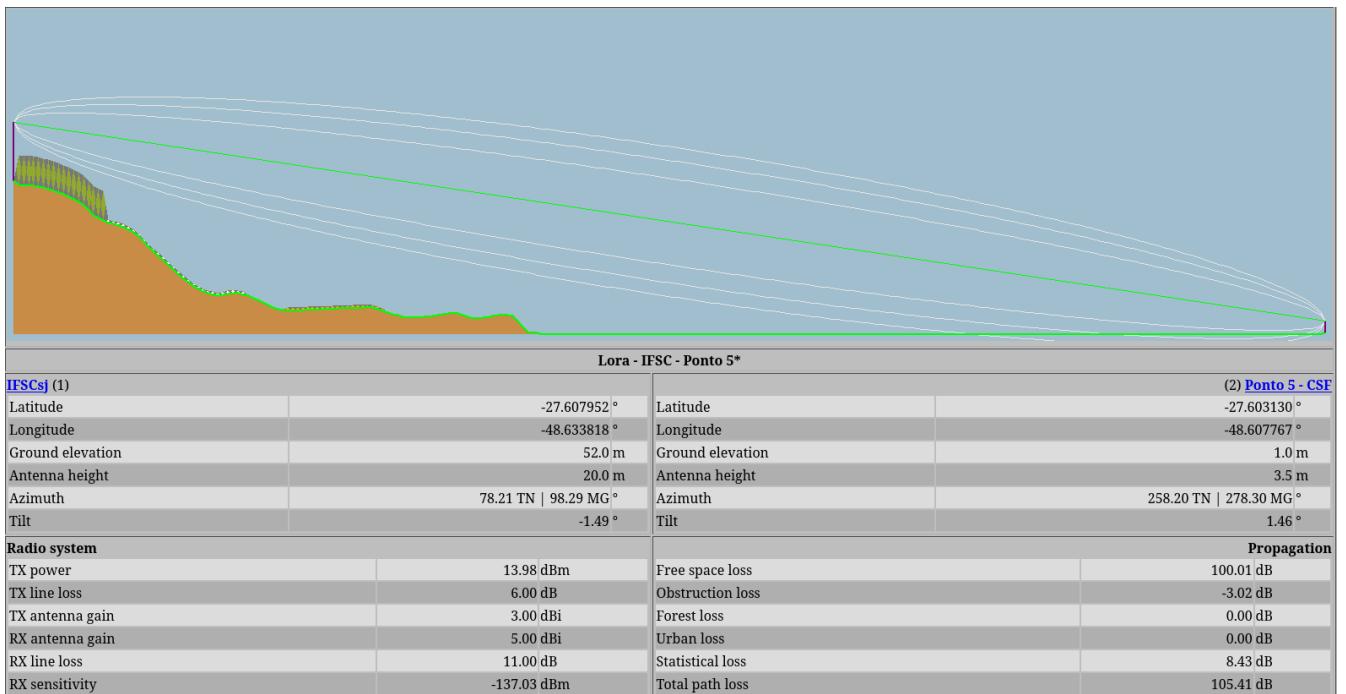


Figura 17: Cálculo teórico através do Rádio Mobile

Fonte: Elaborada pelo autor

Performance	
Distance	2.622 km
Precision	10.0 m
Frequency	915.000 MHz
Equivalent Isotropically Radiated Power	0.013 W
System gain	138.00 dB
Required reliability	75.000 %
Received Signal	-100.43 dBm
Received Signal	2.13 µV
Fade Margin	32.59 dB

Figura 18: Cálculo teórico através do Rádio Mobile

Fonte: Elaborada pelo autor

Sexto ponto simulado.

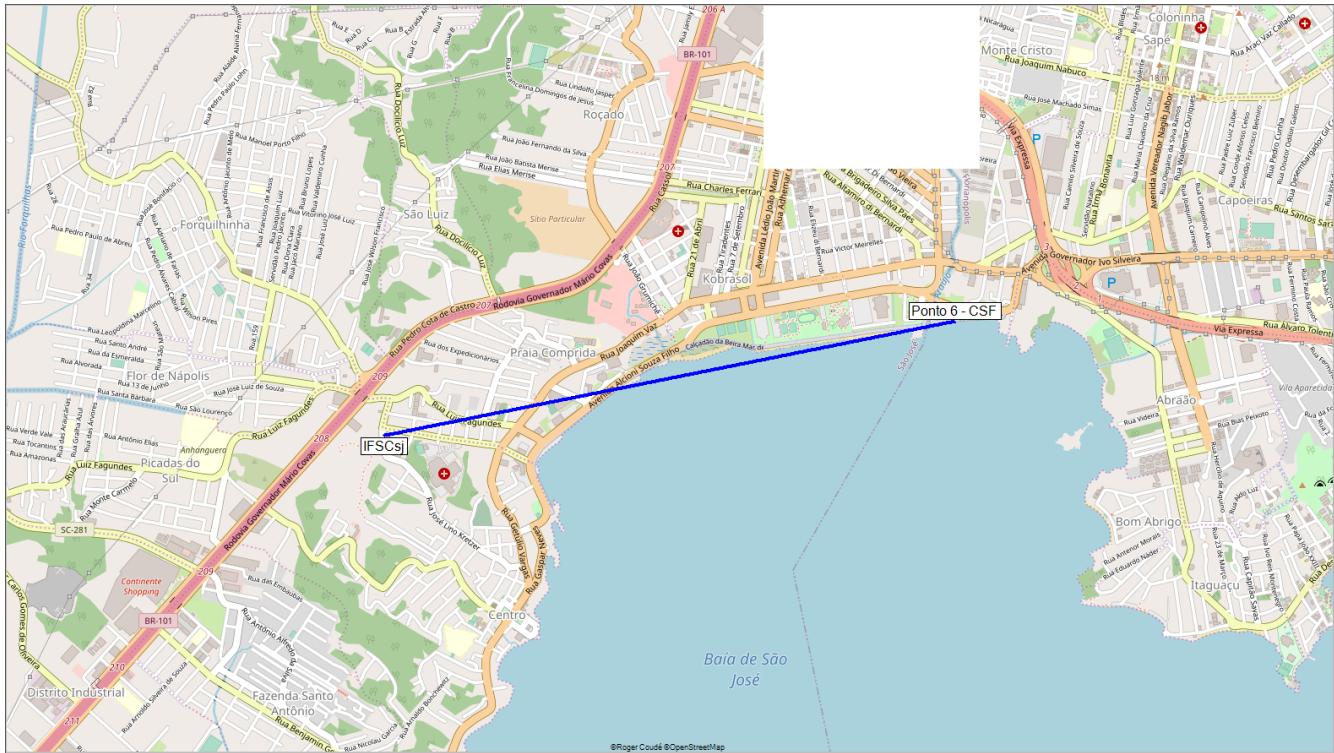


Figura 19: Localização do Sexto ponto de medição

Fonte: Elaborada pelo autor

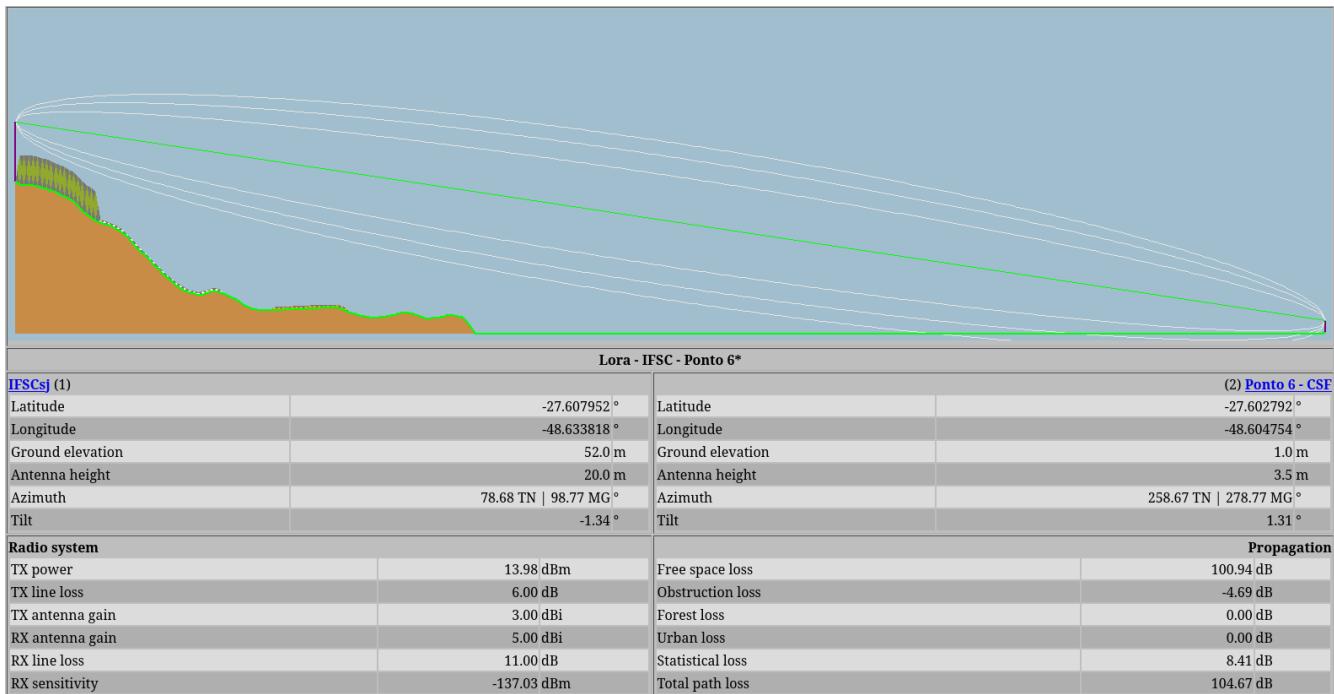


Figura 20: Cálculo teórico através do Rádio Mobile

Fonte: Elaborada pelo autor

Performance	
Distance	2.921 km
Precision	10.0 m
Frequency	915.000 MHz
Equivalent Isotropically Radiated Power	0.013 W
System gain	138.00 dB
Required reliability	75.000 %
Received Signal	-99.69 dBm
Received Signal	2.32 µV
Fade Margin	33.33 dB

Figura 21: Cálculo teórico através do Rádio Mobile

Fonte: Elaborada pelo autor

3.2. Resultados Medidos

Os resultados foram medidos através de uma ESP32 com um modulo LoRa. Obtivemos os seguintes resultados:

Medições	Distância (km)	rssi (dBm)
Ponto 1	0.805	-93.1
Ponto 2	1.955	-100.5
Ponto 3	1.730	-98
Ponto 4	2.549	-96.8
Ponto 5	2.622	-90.14
Ponto 6	2.921	-98.76
Ponto Referência	0.0678	-69.84

3.3. Mapa de Calor

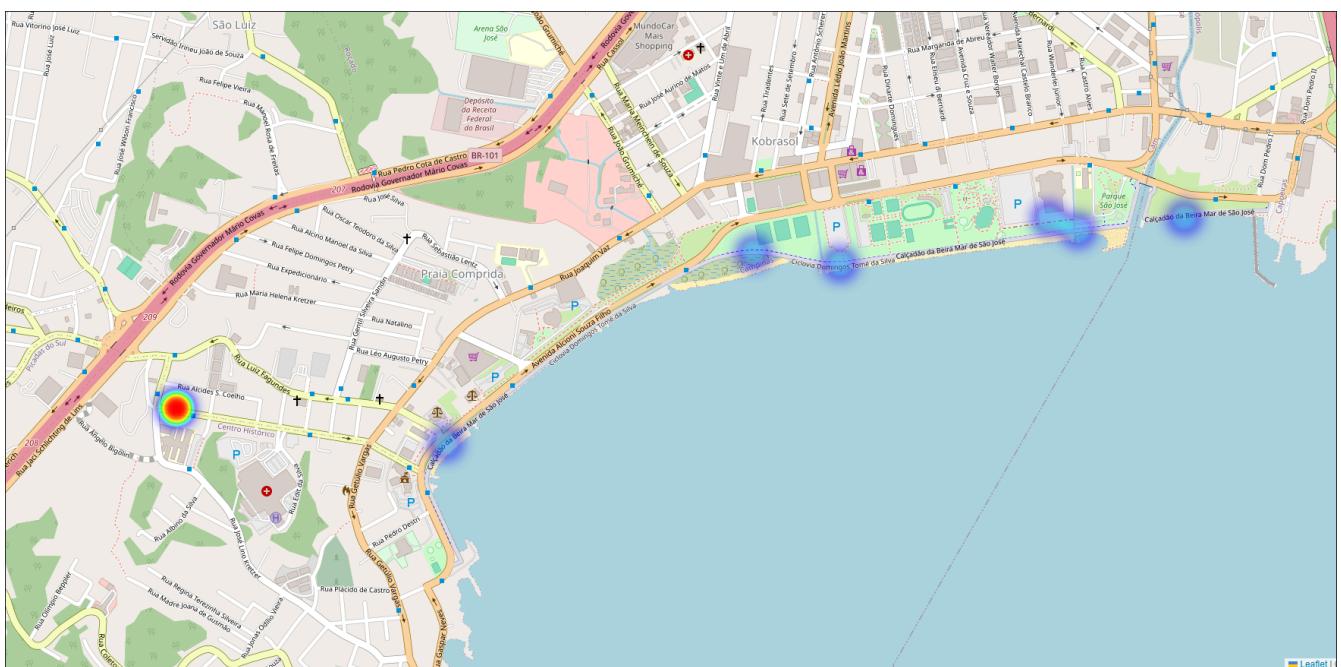


Figura 22: Mapa de calor baseado na potência do sinal recebido

Fonte: Elaborada pelo autor

4. Conclusão

Neste relatório, foram analisados os resultados teóricos e experimentais das medições do sinal LoRa. Utilizando o Radio Mobile, foram calculadas as perdas de caminho esperadas e observado os resultados ideais.

Os dados coletados em campo foram utilizados para determinar o expoente de perdas, confirmado a adequação do modelo log-distância para o ambiente estudado. Com base nesse expoente, foi gerado um Heatmap da potência do sinal, permitindo visualizar a distribuição espacial do RSSI.

Os resultados mostram que o sinal LoRa apresenta boa cobertura, mas com perdas significativas à medida que se aumenta a distância.