

A map of Brazil is centered on the slide, overlaid with a network of white dots connected by thin lines, representing a digital or communication network. The background is a gradient from orange on the left to dark blue on the right.

# **Exploração do TV *White Spaces* (TVWS) para Acesso à Internet no Brasil:**

desafios e oportunidades (fase 3)

São Paulo, 11/12/2024

# API para PAWS (RFC 7545)

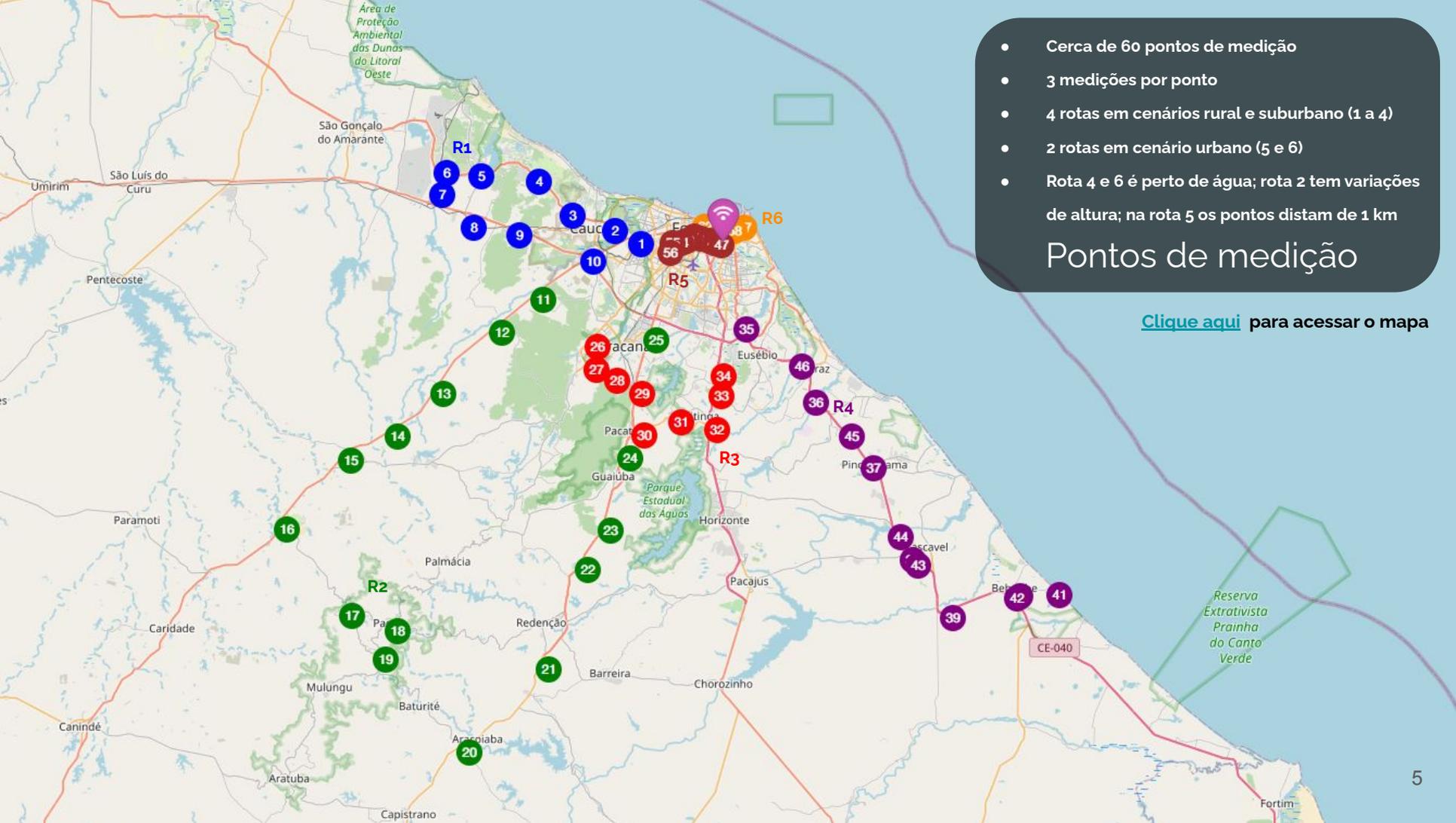
- Necessária aos terminais mestre para acesso à base de dados
- Principais mensagens / parâmetros implementados e adaptável ao cenário
- Opera não só em TVWS, mas também em outras faixas
- Funcional e validado por empresa internacional
- Novas funcionalidades (melhor previsão / maior proteção contra interferência)
  - Padrão de radiação da antena do emissor
  - Máscara espectral (emissão fora da faixa)
- Cenários atuais: ponto-(multi)ponto (TVWS, Inatel) e ponto-multiponto (*outdoor* Wi-Fi, UFC)

# Testes de carga da base de dados

- Necessário para identificar pontos de falha / melhoria e KPIs
- O mapa propagação é dividido em pixels
- Tamanho de pixel é configurável: 50x50 m, 100x100 m, etc.
- Testes de carga: Fortaleza e Quixadá, tamanho pixel de 250x250 m
- Tempo de resposta médio a 1 terminal mestre: 3 s
- Tempo de resposta médio com 20 terminais mestre em simultâneo: 50 s
- Mesmo com poucos nós em um cenário distribuído suporta efetivamente milhares de terminais mestre
- Armazenamento: menos de 1GB por ano



# Campanha de medidas



- Cerca de 60 pontos de medição
- 3 medições por ponto
- 4 rotas em cenários rural e suburbano (1 a 4)
- 2 rotas em cenário urbano (5 e 6)
- Rota 4 e 6 é perto de água; rota 2 tem variações de altura; na rota 5 os pontos distam de 1 km

## Pontos de medição

[Clique aqui](#) para acessar o mapa



**Location ID:** 17  
**Route:** 2  
**Quality:** 32.13  
**Elevation:** 1115 m  
**Distance from Antenna:** 73.51 km  
**Measured Power:** -48 dBm  
**Predicted (GD):** -88.6427 dBm  
**Predicted (50):** -72.9504 dBm  
**Predicted (70):** -83.1209 dBm  
**Antenna Angle:** 0°  
**Antenna Gain:** 13.2 dBd  
**Coordinates:** (-4.208159, -38.974826)



**Location ID:** 45  
**Route:** 4  
**Quality:** 29.0  
**Elevation:** 21 m  
**Distance from Antenna:** 31.41 km  
**Measured Power:** -66 dBm  
**Predicted (GD):** -61.7668 dBm  
**Predicted (50):** -46.5445 dBm  
**Predicted (70):** -55.5222 dBm  
**Antenna Angle:** 0°  
**Antenna Gain:** 13.2 dBd  
**Coordinates:** (-3.984125, -38.343658)



**Location ID:** 60  
**Route:** 6  
**Quality:** 30.6  
**Elevation:** 9 m  
**Distance from Antenna:** 2.93 km  
**Measured Power:** -42 dBm  
**Predicted (GD):** -43.1237 dBm  
**Predicted (50):** -13.4818 dBm  
**Predicted (70):** -22.6453 dBm  
**Antenna Angle:** 82°  
**Antenna Gain:** 9.70176 dBd  
**Coordinates:** (-3.720537, -38.504046)



**Location ID:** 52  
**Route:** 5  
**Quality:** 31.07  
**Elevation:** 38 m  
**Distance from Antenna:** 5.11 km  
**Measured Power:** -33 dBm  
**Predicted (GD):** -41.382 dBm  
**Predicted (50):** -16.1722 dBm  
**Predicted (70):** -25.3157 dBm  
**Antenna Angle:** 38°  
**Antenna Gain:** 12.975 dBd  
**Coordinates:** (-3.732926, -38.542503)

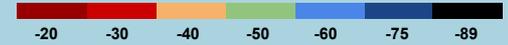
# Pontos de medição



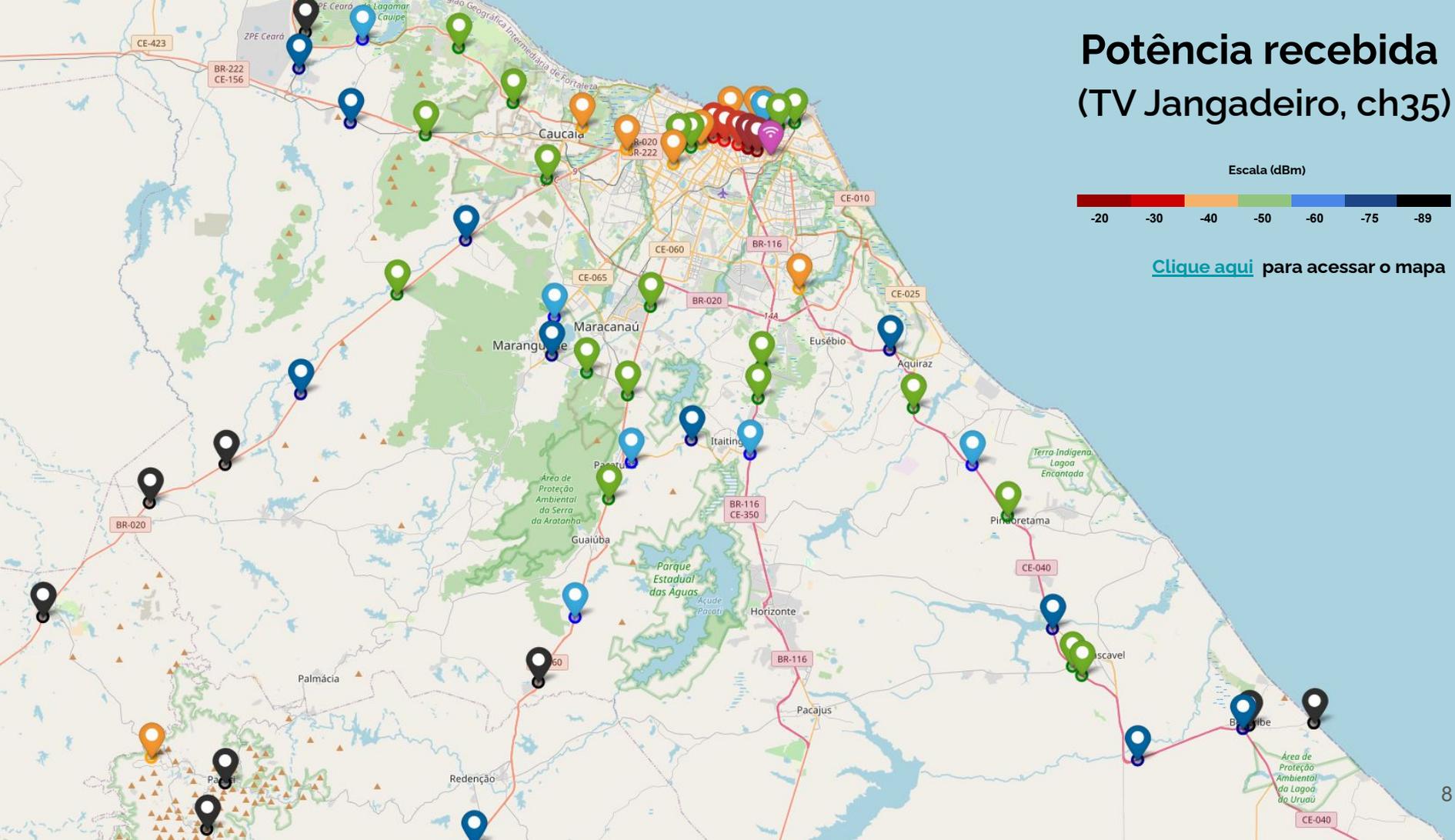
# Equipamentos e equipe

# Potência recebida (TV Jangadeiro, ch35)

Escala (dBm)

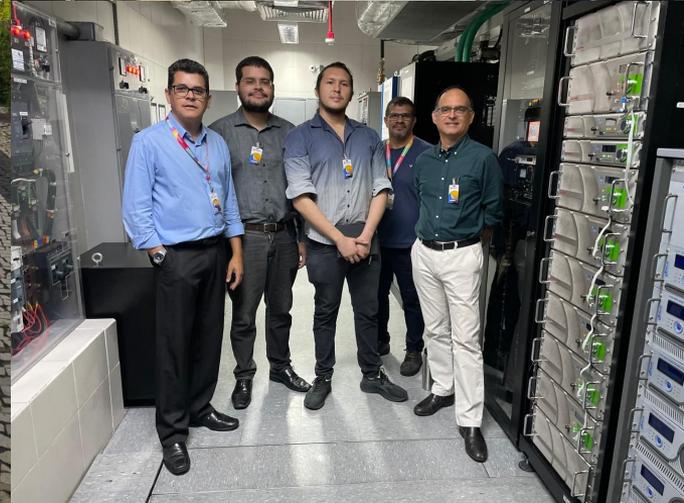


[Clique aqui](#) para acessar o mapa

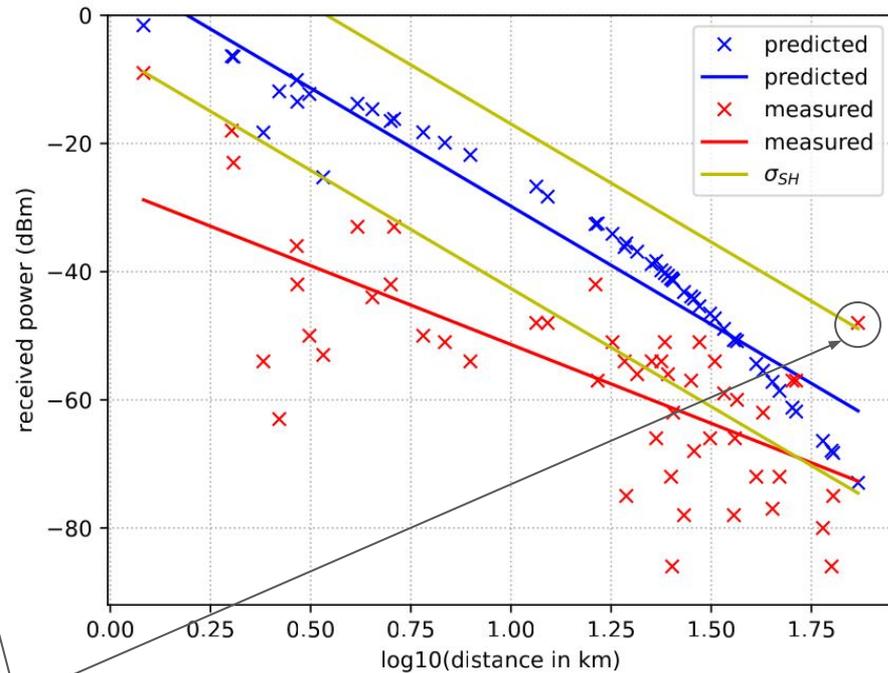
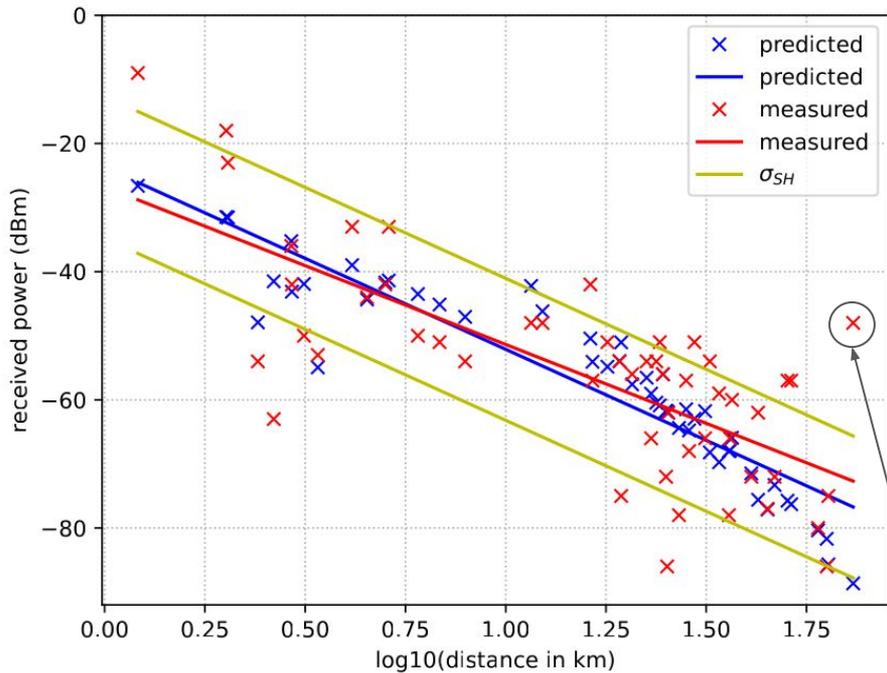


# Valores medidos vs. preditos

- Dados ch35: visita à TV Jangadeiro
  - Disponibilização de dados reais de propagação do emissor: potência e padrão de radiação da antena
- Dados ch23 e ch51: consulta base de dados Mosaico
- Modelo de propagação Longley-Rice
- Ajustes nas percentagens de variabilidade de *tempo*, *localização*, e *situação*
  - Otimização: gradiente descendente (GD)
  - Heurística: 50-50-50 ou 70-70-70

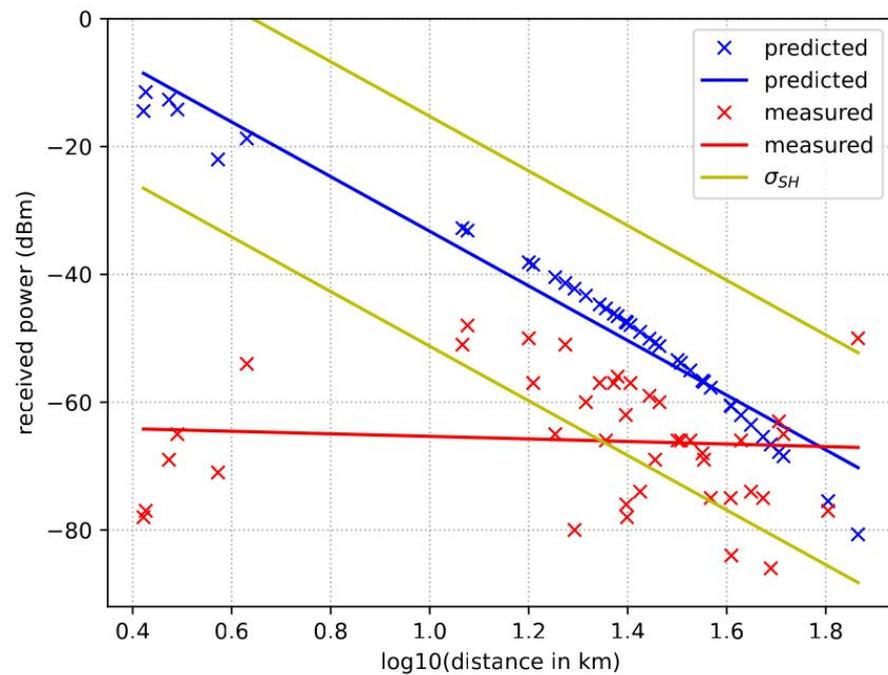
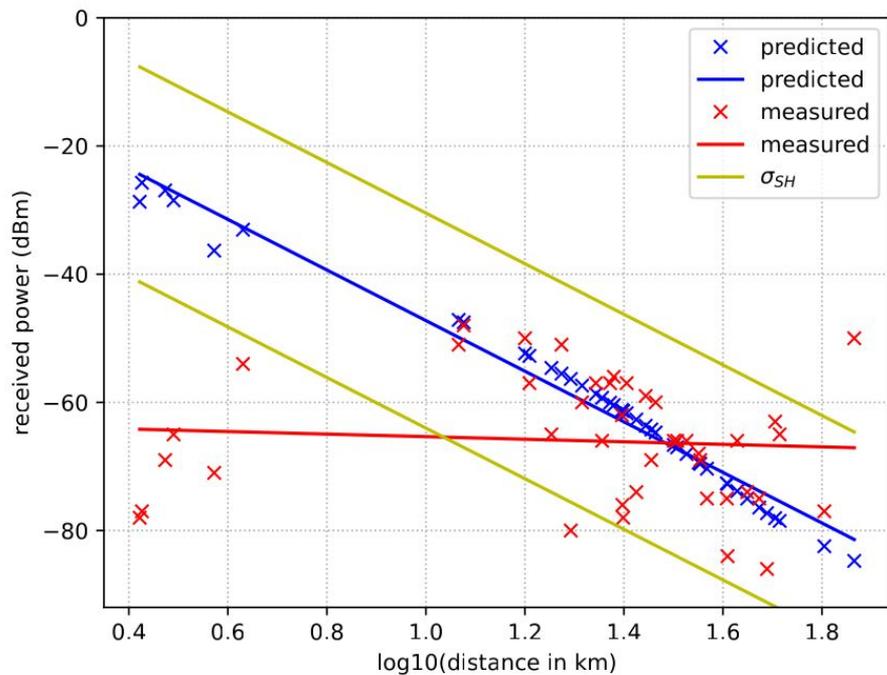


# Visita a TV Jangadeiro



*outlier*

Canal 35 (GD vs. 50-50-50)



Canal 23 (GD vs. 50-50-50)

# Métricas

CH	Canal 23		Canal 35	
Predição	GD	50-50-50	GD	50-50-50
N. falsos positivos	20	3	29	3
Erro médio (dB)	11.35	20.67	7.92	20.60
Desvio padrão erro (dB)	16.78	17.98	11.07	12.83

# Conclusões

- O número de falsos positivos é menor no 50-50-50 mas o erro médio é maior
  - Maior proteção dos usuários primários
  - Limita muito a disponibilidade de canais TVWS
- Tendência das nuvens de pontos do canal 23 dos valores medidos e preditos é completamente distinta
  - Indica que os dados do Mosaico não estarão corretos (?)
- O erro médio e desvio padrão do erro do canal 35 é claramente inferior
  - Conhecimento das características de transmissão, melhora a predição
- O GD não é usável na prática, pois precisa de medições
- Estudo: uso de 70-70-70 (ou outro) com margem adicional
  - Mesma proteção para usuários primários
  - Maior disponibilidade de canais TVWS
- Eventual tratamento de exceções para *outliers*