



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CAMPUS SENADOR HELVÍDEO NUNES DE BARROS
CURSO DE BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

PROJETO RADIO MOBILE

Mauricio Benjamin da Rocha
Pedro Antonio Vital de Sousa Carvalho

Picos PI

2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CAMPUS SENADOR HELVÍDEO NUNES DE BARROS
CURSO DE BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

PROJETO RADIO MOBILE

Mauricio Benjamin da Rocha
Pedro Antonio Vital de Sousa Carvalho

Relatório técnico apresentado na Universidade Federal do Piauí como parte integrante do trabalho em equipe sobre "projetar um sistema para conectar dois pontos usando WiFi 2.4Ghz ou 5Ghz, levando em consideração os ganhos e perdas do sistema, além dos custos para execução do projeto. ", no contexto do curso Sistemas de Informação. Este relatório tem como objetivo analisar e documentar as etapas, metodologias e resultados obtidos durante a execução do projeto.

Picos PI

2024

Sumário

1	INTRODUÇÃO	3
1.1	Objetivos	3
2	RELATO DO EXPERIMENTO	5
2.1	Reconhecimento do local	5
2.2	Análise de Ganho e Perda	5
2.2.1	Ganho	5
2.2.2	Perda	6
2.3	Configuração do Canal e Frequência	7
2.4	Equipamentos escolhidos	7
2.5	Free Space Loss	8
2.6	Validação do sistema através da matemática	8
2.7	Validação Atraves do Radio Mobile	10
2.7.1	Pior Caso: Roça para Casa do Amigo	10
2.7.2	Pior Caso: Roça para Casa do Amigo	11
2.8	Melhor Caso: Mirante para Casa do Amigo	12
2.9	Melhor Caso: Mirante para Casa do Amigo	12
2.10	Orçamento dos projetos	13
3	CONCLUSÕES	14
	REFERÊNCIAS	15

1 Introdução

Projetar um sistema de conexão WiFi entre dois pontos demanda uma abordagem meticulosa, começando pelo reconhecimento detalhado do local em questão. Este processo envolve a análise da topografia, presença de obstáculos e interferências potenciais que podem impactar a eficiência da rede. A escolha do equipamento desempenha um papel crucial, exigindo a seleção de dispositivos compatíveis com as necessidades específicas da conexão, levando em consideração fatores como distância, largura de banda desejada e capacidade de transmissão.

A configuração do canal também é um aspecto vital, visando minimizar interferências de outras redes WiFi na área e otimizar a largura de banda disponível. A análise de ganho e perda entra em cena para avaliar como o sinal se comporta ao longo da distância, considerando atenuações e obstáculos que possam comprometer a qualidade da conexão. Além disso, um estudo detalhado de custos se faz necessário, abrangendo não apenas os investimentos iniciais em equipamentos, mas também os custos operacionais associados à manutenção e atualização do sistema.

Portanto, ao abordar cada um desses elementos de maneira estratégica e integrada, é possível desenvolver um sistema de conexão WiFi eficiente, confiável e adaptado às necessidades específicas do ambiente em questão.

1.1 Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo projetar um sistema para conectar dois pontos (Mirante de Oeiras e Rua Lajeiro do samba nomeada como "Casa do amigo") e comparacar com a conexão de outros dois pontos ("Roça" e "Casa do amigo") usando WiFi 2.4Ghz ou 5Ghz, levando em consideração os ganhos e perdas do sistema, além dos custos para execução do projeto. As Figuras 1 e 2 apresentam as zona mapeadas para a realização do projeto.

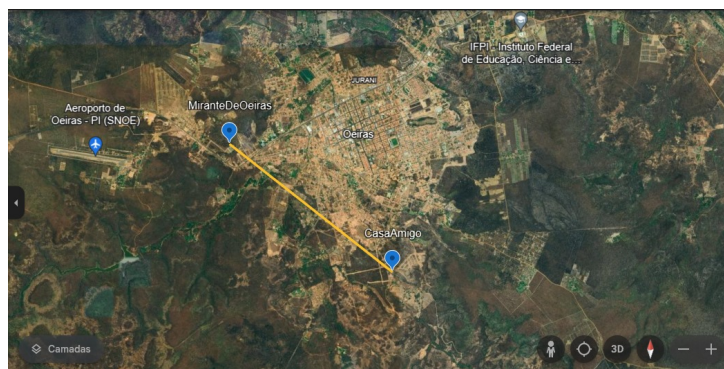


Figura 1 – Mirante x Casa do amigo

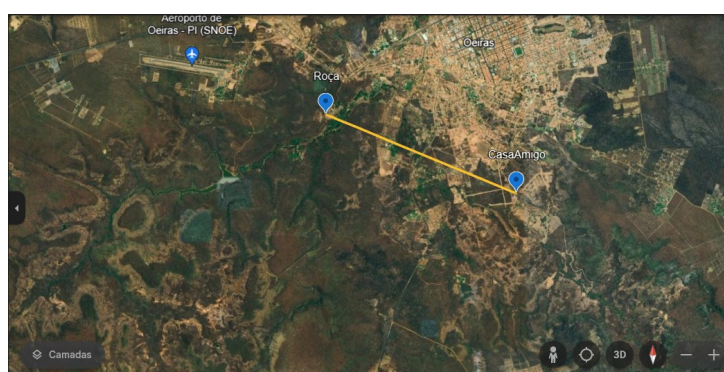


Figura 2 – Roça x Casa do amigo

2 Relato do Experimento

Para projetar um sistema de conexão WiFi entre dois pontos, é importante considerar alguns elementos-chave como reconhecimento do local, escolha do equipamento, configuração do canal, análise de ganho e perda, estudo de custos entre outras informações.

2.1 Reconhecimento do local

O adequado reconhecimento do local destinado à instalação dos pontos de conexão WiFi é de extrema importância para assegurar uma comunicação eficiente. Nesse contexto, a realização de um levantamento topográfico torna-se uma etapa essencial, visando identificar a elevação do terreno, possíveis obstáculos naturais e demais características que possam influenciar a linha de visão entre os pontos de instalação. É relevante destacar a necessidade de verificar a existência de linha de visão direta (LOS) entre os pontos de instalação.

A presença de obstáculos representa um potencial para atenuação do sinal, sendo, portanto, preferível contar com uma linha de visão clara em cenários que demandam conexões de longa distância. Adicionalmente, torna-se imperativo identificar potenciais fontes de interferência como dispositivos eletrônicos, redes WiFi próximas e equipamentos operando na mesma frequência. Recomenda-se evitar canais congestionados a fim de minimizar interferências e otimizar o desempenho do sistema.

2.2 Análise de Ganho e Perda

A análise de ganho e perda em sistemas de comunicação, como uma conexão WiFi 2.4GHz, envolve considerar os elementos que contribuem para o fortalecimento (ganho) e atenuação (perda) do sinal.

2.2.1 Ganho

Em sistemas de comunicação, o ganho refere-se ao aumento na intensidade ou potência do sinal durante sua transmissão. Isso pode ocorrer em antenas, amplificadores ou outros componentes do sistema. O ganho é geralmente expresso em decibéis (dB) e representa a relação entre a potência de saída e a potência de entrada.

O ganho do transmissor (GT), em dB, é calculado pela seguinte fórmula:

$$GT = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{PS}{PE} \right)$$

- GT é o ganho do transmissor (dB).
- PS é a potência de saída do transmissor (W).
- PE é a potência de entrada do transmissor (W).

Para determinar o ganho total no lado do transmissor (Tx), é essencial levar em consideração vários fatores. Primeiramente, se a antena do transmissor (GA) possui um ganho específico em decibéis (dB), esse ganho deve ser somado ao ganho do transmissor. Por exemplo, se a antena apresenta um ganho de 5 dB, esse valor deve ser adicionado ao ganho do transmissor.

Além disso, é importante considerar o meio pelo qual o sinal se propaga (GM). Em condições ideais de espaço livre, o ganho do meio é geralmente 0 dB. O ganho total do lado do transmissor (Tx) é então calculado pela fórmula:

$$Tx = GT + GA + GM$$

- GM é o ganho do meio (dB).
- GA é o ganho da antena (dB).
- PE é a potência de entrada do transmissor (W).

2.2.2 Perda

Em sistemas de comunicação, a perda denota a diminuição na intensidade, potência ou qualidade de um sinal ao longo de um trajeto ou através dos diversos componentes do sistema. Essas perdas podem originar-se de uma variedade de fatores e representam uma consideração crucial durante as fases de projeto e manutenção de sistemas de comunicação.

É imprescindível ponderar sobre as perdas associadas ao meio de propagação (PM). Em situações ideais de espaço livre, esta perda é tipicamente registrada como 0 dB.

A perda de conector e cabo (PC) engloba as perdas associadas aos conectores e cabos que conectam o transmissor à antena, considerando as perdas inerentes a esses componentes.

Por sua vez, a perda referente à antena de recepção (PA) é subtraída da perda acumulada para se obter a perda real do sinal no momento em que atinge a antena de recepção.

A perda total do lado do receptor (Rx) é então calculada por meio da seguinte fórmula:

$$Rx = PM + PC - PA$$

2.3 Configuração do Canal e Frequência

A configuração precisa dos canais e frequências em dispositivos WiFi, como roteadores ou pontos de acesso, constitui uma etapa fundamental para aprimorar o desempenho das redes sem fio. Para otimizar a eficiência e reduzir interferências, é aconselhável seguir algumas diretrizes gerais. Em primeiro lugar, ao escolher os canais, evite sobreposições com redes vizinhas, uma prática comum para minimizar interferências. Além disso, considere o ambiente circundante, identificando potenciais fontes de interferência, como dispositivos eletrônicos e obstáculos físicos. Em ambientes congestionados, a utilização da faixa de 5 GHz pode ser uma opção viável devido à disponibilidade de mais canais e menor probabilidade de interferência. A alocação adequada de canais e a seleção de frequências compatíveis com o ambiente específico podem significativamente contribuir para um desempenho otimizado e uma experiência de rede mais confiável.

- Evite canais sobrepostos, pois isso pode causar interferência entre redes WiFi próximas.
- Se estiver utilizando a faixa de 2,4 GHz, escolha entre os canais 1, 6 ou 11 para minimizar a interferência, pois estes são não sobrepostos.
- Se estiver utilizando a faixa de 5 GHz, há mais opções de canais disponíveis. Escolha um canal menos congestionado para melhorar o desempenho.
- A faixa de 2,4 GHz tem 13 canais disponíveis, cada um com uma largura de 20 MHz, mas apenas três (1, 6 e 11) são não sobrepostos.
- A faixa de 5 GHz tem 24 canais disponíveis, cada um com uma largura de 20 MHz.
- Certifique-se de escolher uma frequência com menos interferência de outras redes na mesma faixa, observando a utilização dos canais por redes vizinhas.

2.4 Equipamentos escolhidos

Para esta problemática foram escolhidas duas antenas distintas, sendo uma delas uma antena de 2.4GHz e outro de 5GHz visando validar durante a experimentação a diferença de ambas no mesmo meio conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Informações das Antenas.

ID	1	2
Nome	AirGrid M2 Hp 16 Dbi 2.4ghz	Ubiquiti Powerbeam M5-300
Tipo (Ghz)	2.4	5
Sinal Mínimo (Ghz)	2.412	5.150
Sinal Máximo (Ghz)	2.4835	5.875
Ganho (dBi)	16	22
Taxa de transmissão (Mbps)	150	150
Potência de saída (dBm)	28	26
Limiar do receptor (dBm)	-96	-96
Link	(NETCOMPUTADORES, 2024) (AIRGRID, 2024a)	(LIVRE, 2024) (AIRGRID, 2024b)
Valor (R\$)	690	974

Tabela 2 – Descrição do Cabo Usado.

Nome	Cabo Rede Patch Cord Cat5e
Marca	X-Cell
Tipo	Par trançado UTP
Categoria	CAT5e
Conectores	RJ-45
Valor R\$ para cada 20 metros	29
Link	(X-CELL, 2024)

2.5 Free Space Loss

A perda de espaço livre, ou "free space loss" em inglês, é um fenômeno fundamental em sistemas de comunicação sem fio que descreve a atenuação do sinal à medida que se propaga pelo espaço livre, desvinculado de qualquer meio de propagação específico. Essa perda resulta principalmente da dispersão esférica da energia eletromagnética à medida que se afasta da fonte, causando uma diminuição na densidade de potência do sinal conforme a distância aumenta. A fórmula que modela a perda de espaço livre é dada por

$$FSPL = 20 \log_{10}(d) + 20 \log_{10}(f) + 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi}{c} \right)$$

Onde d é a distância entre o transmissor e o receptor, f é a frequência do sinal e c é a velocidade da luz. Essa expressão reflete a natureza inversamente proporcional entre a potência do sinal e a distância, destacando a importância da compreensão da perda de espaço livre ao projetar e otimizar redes sem fio.

2.6 Validação do sistema através da matemática

Aplicando essa fórmula à antena 1 de 2.4 GHz com uma distância de 3.2 km, obtemos:

$$LFS = 20 \cdot \log_{10}(3200) + 20 \cdot \log_{10}(2400000000) + 20 \cdot \log_{10}\left(\frac{4\pi}{3 \times 10^8}\right) \approx 110.1 \text{ dB}$$

Para a antena 2 de 5.8 GHz, o cálculo é semelhante:

$$LFS = 20 \cdot \log_{10}(3200) + 20 \cdot \log_{10}(5800000000) + 20 \cdot \log_{10}\left(\frac{4\pi}{3 \times 10^8}\right) \approx 117.8 \text{ dB}$$

Antena do Mirante (Transmissora) - Air Grid M2 Hp 16 Dbi 2.4GHz:

Potência de transmissão (dBm): 28 dBm

Perda do cabo: 0,5 dB em 2.4 GHz

Cabo de rede: 0,3 dB/m a 2.4 GHz

Metro do cabo: 5 m

dBi da antena: 16 *dBi*

Antena da Casa do Amigo (Receptor) - Air Grid M2 Hp 16 Dbi 2.4GHz:

Sensibilidade (dBm): -96 dBm

Perda do cabo: 0,5 dB em 2.4 GHz

Cabo de rede: 0,3 dB/m a 2.4 GHz

Metro do cabo: 10 m

dBi da antena: 16 *dBi*

Margem de segurança (link budget): 10 dBm

É necessário chegar pelo menos a: -86 dBm

Cálculo:

$$\text{Resultado} = 28 - 0,5 - (0,3 \times 5) + 16 + 16 - (0,3 \times 10) - 0,5$$

$$\text{Resultado} = 28 - 0,5 - 1,5 + 16 + 16 - 3 - 0,5$$

$$\text{Resultado} = 54,5 \text{ dBm}$$

Antena do Mirante (Transmissora) - POWERBEAM M5 300:

Potência de transmissão (dBm): 26 dBm

Perda do cabo: 0,5 dB em 5 GHz

Cabo de rede: 0,3 dB/m a 5 GHz

Metro do cabo: 2,5 m

dBi da antena: 22 *dBi*

Antena da Casa do Amigo (Receptor) - POWERBEAM M5 300:

Sensibilidade (dBm): -96 dBm
Perda do cabo: 0,5 dB em 5 GHz
Cabo de rede: 0,3 dB/m a 5 GHz
Metro do cabo: 10 m
dBi da antena: 22 *dBi*
Margem de segurança (link budget): 10 dBm
É necessário chegar pelo menos a: -86 dBm

Cálculo:

$$\text{Resultado} = 26 - 0,5 - (0,3 \times 2,5) + 22 + 22 - (0,3 \times 10) - 0,5$$

$$\text{Resultado} = 26 - 0,5 - 0,75 + 22 + 22 - 3 - 0,5$$

$$\text{Resultado} = 55,25 \text{ dBm}$$

2.7 Validação Atraves do Radio Mobile

Nesta seção, apresentamos os resultados obtidos por meio da execução do programa Radio Mobile, destacando o desempenho dos enlaces de rede nas condições de pior e melhor caso. As análises foram conduzidas considerando as antenas Air Grid M2 Hp 16 Dbi 2.4GHz e POWERBEAM M5 300, em dois cenários distintos: um percurso entre uma Roça (antena transmissora) até a casa de um amigo (antena receptora) representando o pior caso, e um enlace entre um Mirante (antena transmissora) até a casa do amigo representando o melhor caso. Todos esses pontos estão localizados em Oeiras-PI.

2.7.1 Pior Caso: Roça para Casa do Amigo

Antena: Air Grid M2 Hp 16 Dbi 2.4GHz
Altura do Transmissor (Roça): 47 metros
Altura do Receptor (Casa do Amigo): 10 metros
Resultados detalhados do enlace na Figura 3:

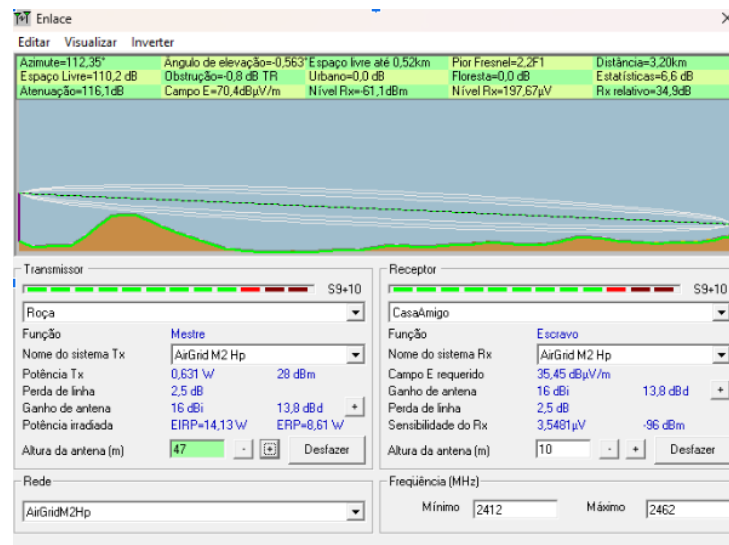


Figura 3 – Pior Caso: Roça para Casa do Amigo

2.7.2 Pior Caso: Roça para Casa do Amigo

Antena: POWERBEAM M5 300

Altura do Transmissor (Roça): 49 metros

Altura do Receptor (Casa do Amigo): 10 metros

Resultados detalhados do enlace na Figura 4:

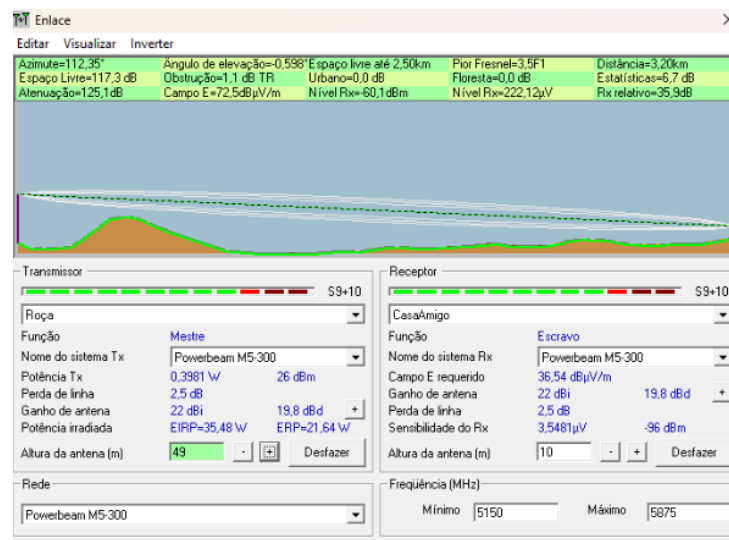


Figura 4 – Pior Caso: Roça para Casa do Amigo

Os testes foram realizados considerando uma altura fixa da antena receptora, localizada na casa do amigo, com 10 metros. Observou-se que, devido aos obstáculos e interferências no percurso, as alturas das antenas transmissoras foram ajustadas para obter um sinal de transmissão eficiente em todo o percurso.

2.8 Melhor Caso: Mirante para Casa do Amigo

Antena: Air Grid M2 Hp 16 dBi 2.4GHz

Altura do Transmissor (Mirante): 5 metros

Altura do Receptor (Casa do Amigo): 10 metros

Resultados detalhados do enlace na Figura 5:

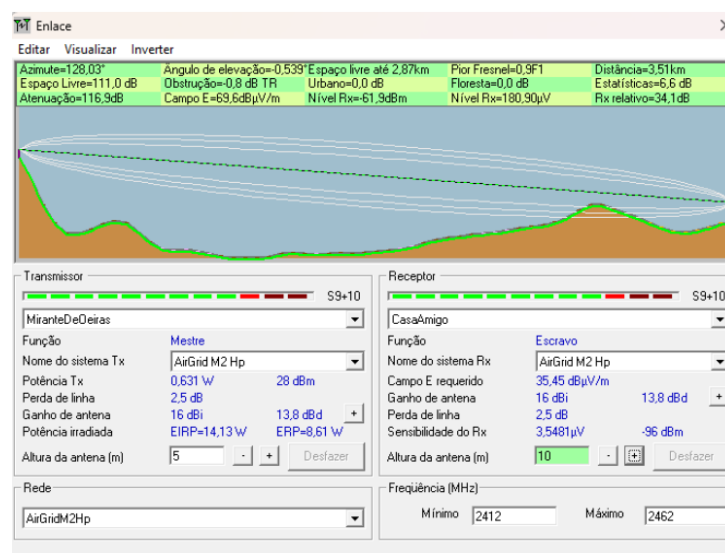


Figura 5 – Melhor Caso: Mirante para Casa do Amigo com Air Grid M2 Hp 16 dBi 2.4GHz

2.9 Melhor Caso: Mirante para Casa do Amigo

Antena: POWERBEAM M5 300

Altura do Transmissor (Mirante): 2,5 metros

Altura do Receptor (Casa do Amigo): 10 metros

Resultados detalhados do enlace na Figura 6:

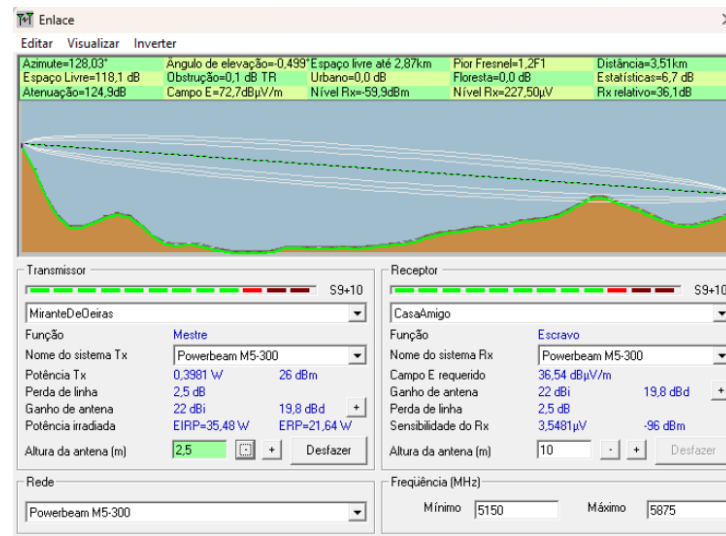


Figura 6 – Melhor Caso: Mirante para Casa do Amigo com Air Grid M2 Hp 16 dBi 2.4GHz

A análise comparativa destaca que, no melhor caso, as alturas das antenas transmissoras foram significativamente menores em relação ao pior caso. Isso resultou em custos reduzidos para a implementação da rede, pois as alturas mais baixas foram suficientes para superar os desafios do percurso, garantindo um bom sinal de transmissão.

Em ambos os cenários, os resultados detalhados fornecem insights valiosos sobre a eficácia do enlace de rede, considerando as características específicas das antenas utilizadas e as condições do ambiente. Essas informações são essenciais para otimizar o planejamento e a implementação de redes de comunicação sem fio em diferentes contextos.

2.10 Orçamento dos projetos

A instalação do sistema AirGrid M2 Hp 16 Dbi 2.4GHz, considerando uma altura média de 50 metros de cabo na torre mestre e 10 metros na torre dependente, teria um custo aproximado de R\$1467 ($690 \times 2 + 29 \times 3$) (sem considerar custos adicionais como viagem, mão de obra, etc). Por outro lado, o sistema com POWERBEAM M5 300, nas mesmas condições, apresentaria um custo mínimo de pelo menos R\$2035 ($974 \times 2 + 29 \times 3$) para o projeto (também desconsiderando custos adicionais como viagens, ferramentas adicionais, etc). Ao analisar o aspecto financeiro, destaca-se a significativa vantagem econômica da AirGrid M2.

3 Conclusões

Este projeto de conexão WiFi utilizando as antenas Air Grid M2 Hp 16 Dbi 2.4GHz e POWERBEAM M5 300 proporcionou insights valiosos sobre o design e implementação de enlaces de rede. A execução do programa Radio Mobile destacou a importância crítica de considerar vários fatores, desde o reconhecimento do local até a seleção de equipamentos e configurações adequadas. A análise de ganho e perda permitiu compreender as complexidades da transmissão de sinais, evidenciando a necessidade de equilibrar efetivamente os elementos que contribuem para o fortalecimento (ganho) e atenuação (perda) do sinal. As fórmulas aplicadas para calcular o ganho total no transmissor e a perda total no receptor proporcionaram uma abordagem sistemática para avaliar a viabilidade do enlace em diferentes cenários.

A escolha criteriosa de equipamentos, como antenas e cabos, aliada à configuração apropriada do canal e frequência, revelou-se crucial para otimizar o desempenho da rede. A seleção estratégica do local de instalação das antenas, considerando o terreno e identificando obstáculos, foi um fator decisivo para o sucesso do projeto, contribuindo significativamente para a eficiência da comunicação. Os resultados nos cenários de pior e melhor caso forneceram informações valiosas sobre a eficácia do enlace em condições desafiadoras. A capacidade de ajustar as alturas das antenas transmissoras com base nas condições ambientais demonstrou ser uma abordagem prática para superar obstáculos e interferências, assegurando uma transmissão eficiente. Em síntese, este projeto ressalta a importância de uma abordagem sistemática na concepção de enlaces de rede, considerando variáveis físicas, técnicas e econômicas. As lições aprendidas proporcionarão uma base sólida para futuros projetos de comunicação sem fio, capacitando a enfrentar desafios e otimizar o desempenho em diferentes contextos geográficos e ambientais.

Referências

AIRGRID. *Manual Antena 1*. 2024. Acessado em 14 de janeiro de 2024. Disponível em: <https://dl.ubnt.com/guides/airgrid/airGrid_AG-HP-2G16_QSG.pdf>. Citado na página 8.

AIRGRID. *Manual Antena 2*. 2024. Acessado em 14 de janeiro de 2024. Disponível em: <https://dl.ubnt.com/guides/powerbeam/PowerBeam_M5-300_QSG.pdf>. Citado na página 8.

LIVRE, M. *Título do Site*. 2024. Acessado em 14 de janeiro de 2024. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-2820114931-antena-ponto-a-ponto-ubiquiti-powerbeam-m5-300-5ghz-22dbi-__JM#position=28&search_layout=grid&type=item&tracking_id=1a77f38f-12b3-4292-8168-5339cf5ebd3d>. Citado na página 8.

NETCOMPUTADORES. *Título do Site*. 2024. Acessado em 14 de janeiro de 2024. Disponível em: <<https://netcomputadores.com.br/p/aghp2g16-ubiquiti-antena-airgrid-m2/37245>>. Citado na página 8.

X-CELL. *Cabo de Rede*. 2024. Acessado em 14 de janeiro de 2024. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-2741503671-cabo-de-rede-20-metros-lan-internet-crimpado-rj45-cat5e-azul-__JM#position=24&search_layout=grid&type=item&tracking_id=5c81a8f2-7143-4990-b2df-dbc82be46f00>. Citado na página 8.