



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**  
**CAMPUS DE SOBRAL**

**JOSÉ IRAN REINALDO BARROS JÚNIOR**

**Análise de Desempenho de um Enlace Ponto a Ponto**  
**Entre Meruoca e Sobral**

**SOBRAL**

**2017**

**JOSÉ IRAN REINALDO BARROS JUNIOR**

# **Análise de Desempenho de um Enlace Ponto a Ponto Entre Meruoca e Sobral**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica. Área de Concentração: Telecomunicação.

Orientador: Prof. Me. Yuri Victor Lima de Melo.

**SOBRAL**

**2017**

**JOSÉ IRAN REINALDO BARROS JÚNIOR**

# **Análise de Desempenho de um Enlace Ponto a Ponto Entre Meruoca e Sobral**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à  
Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica,  
da Universidade Federal do Ceará, como  
requisito parcial para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Elétrica. Área de  
Concentração: Telecomunicação.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

## **BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Me. Yuri Victor Lima de Melo (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Eber de Castro Diniz  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Antônio Josefran de Oliveira Bastos  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dedico este trabalho aos meus pais, Iran e Cristina, e a minha namorada Beatriz, por sempre terem me dado força em todas as etapas acadêmicas de minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por estar em primeiro lugar em minha vida, me dando força e alimentando minha fé, para poder superar e suportar todas as dificuldades que enfrentei durante o curso de Engenharia Elétrica.

Agradeço aos meus pais e ao meu irmão, por durante todo o ciclo acadêmico estiveram comigo como combustível da minha vida, sem eles seria muito difícil superar esta trajetória sem a companhia e a força deles.

A minha namorada que durante os três anos de companheirismo, de altos e baixos que a vida proporciona, esteve ao meu lado me apoiando e me dando mais coragem ainda de lutar por concretizar meus sonhos.

Aos meus amigos Simão e Sávio, por estarmos unidos nos momentos mais difíceis dessa trajetória, conseguindo superar as dificuldades coletivamente. Ao professor Yuri que colaborou construtivamente no desenvolvimento do meu TCC, pois sem o seu direcionamento e paciência teria sido muito difícil ter concluído este trabalho.

Ao professor Eber, na qual além de ser um excelente profissional, e ter feito parte da construção dos meus conhecimentos técnicos adquiridos na universidade, é um amigo que ganhei para toda vida.

## RESUMO

A rede sem fio atualmente é indispensável no cotidiano de todo cidadão, tendo como principal vantagem a mobilidade e redução da estrutura física quando comparado a redes cabeadas. Contudo, a rede sem fio necessita ser bem planejada e dimensionada para obter enlace de qualidade, proporcionando alta eficiência espectral e baixo custo financeiro. Assim, o planejamento de um enlace de comunicação entre Sobral e Meruoca foi escolhido para o desenvolvimento do trabalho. Inicialmente, foi realizada uma análise computacional entre Sobral e Meruoca e posteriormente a elaboração de um enlace prático para atender o ponto final da rede (i.e consumidor final). O desenvolvimento teórico realizado é validado através do aplicativo *Radio Mobile*, enquanto o prático é realizado utilizando o *Bullet 2*.

**Palavras-chave:** *Wireless, Rádio Mobile e Bullet 2.*

## **ABSTRACT**

Nowadays the wireless communication is essential for all citizens, mobility and reduction of infrastructure are the main advantages, when compared to the wired communication. For proper operation of wireless communication is necessary to plan and dimension the network to obtain greater link quality and spectral efficiency, while decrease the finance cost. Thus, the planning of a link between Sobral and Meruoca was chosen for the development of this work. Initially, computational study was realized between Sobral and Meruoca and subsequently a practical study to serve the final consumer. The computational study and practical are validated using the software Radio Mobile and Bullet 2, respectively.

**Keywords:** *Wireless Communication, Radio Mobile and Bullet*

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 –	PADRÃO IEEE 802.11 MODELO OSI.....	6
FIGURA 2 –	CANAIS E FREQUÊNCIAS CENTRAIS PARA A FAIXA DE 2,4 GHZ.	9
FIGURA 3 –	REFLEXÃO DE UMA ONDA ELETROMAGNÉTICA.....	15
FIGURA 4 –	REFRAÇÃO DE UMA ONDA ELETROMAGNÉTICA.....	16
FIGURA 5 –	FRENTE DE ONDA.....	16
FIGURA 6 –	DIFRAÇÃO DE UMA ONDA ELETROMAGNÉTICA.....	17
FIGURA 7 –	PRIMEIRA ZONA DE FRESNEL E LINHA DE VISADA.....	17
FIGURA 8 –	LOCALIZAÇÃO DO TRANSMISSOR EM SOBRAL – CE.....	19
FIGURA 9 –	LOCALIZAÇÃO DO RECEPTOR EM MERUOCA – CE.....	19
FIGURA 10 –	RELEVO DO ENLACE ENTRE O TRANSMISSOR E O RECEPTOR.	20
FIGURA 11 –	COORDENADAS DO TRANSMISSOR .....	21
FIGURA 12 –	COORDENADAS DO RECEPTOR.....	21
FIGURA 13 –	CONFIGURAÇÕES PARA OBTER A IMAGEM.....	22
FIGURA 14 –	RELAÇÃO ENTRE A ALTITUDE E AS CORES.....	23
FIGURA 15 –	IMAGEM CAPTURADA A 50KM DO SOLO TERRESTRE.....	23
FIGURA 16 –	LOCALIZAÇÃO DO RECEPTOR E DO TRANSMISSOR.....	23
FIGURA 17 –	REDE COM UBIQUITI ROCKET M2.....	25
FIGURA 18 –	CONFIGURAÇÃO DOS PARÂMETRO DO PONTO A PONTO.....	25
FIGURA 19 –	CONFIGURAÇÃO DO TRANSMISSOR NO PONTO A PONTO.....	26
FIGURA 20 –	CONFIGURAÇÃO DO RECEPTOR NO PONTO A PONTO.....	26
FIGURA 21 –	SIMULAÇÃO DO ENLACE.....	27
FIGURA 22 –	BULLET M2 DE 2.4 GHZ.....	31
FIGURA 23 –	FONTE PARA O BULLET M2 DE 2.4 GHZ.....	31
FIGURA 24 –	LOGIN, SENHA E IP PARA ACESSAR O RÁDIO.....	32
FIGURA 25 –	CONFIGURAÇÃO DO TRANSMISSOR.....	33
FIGURA 26 –	CONFIGURAÇÃO DO RECEPTOR.....	34
FIGURA 27 –	MUDANÇA DO IP DE ACESSO DO RECEPTOR.....	34
FIGURA 28 –	DADOS DO ENLACE, COLHIDOS DO TRANSMISSOR.....	35
FIGURA 29 –	COMUNICAÇÃO DO ENLACE.....	36



## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – CARACTERÍSTICAS DO PADRÃO IEEE 802.11.....	10
TABELA 2 – CARACTERÍSTICAS DO PADRÃO IEEE 802.11B.....	11
TABELA 3 – CARACTERÍSTICAS DO PADRÃO IEEE 802.11G.....	11
TABELA 4 – TRANSMISSÃO IEEE 802.11G.....	11
TABELA 5 – TRANSMISSÃO IEEE 802.11N.....	13
TABELA 6 – MODULAÇÕES E VEL. DE TRANS. NO PADRÃO IEEE 802.11N...	13
TABELA 7 – CARACTERÍSTICAS DO PADRÃO IEEE 802.11N.....	14
TABELA 8 – DESCRIÇÃO DAS INFORMAÇÕES NA IMAGEM 13.....	22
TABELA 9 – DES. DE INF. DAS PROPRIEDADES DE REDE IMG 17.....	24
TABELA10 – ESPEC. DE POT. DO TRANS. E RECEPTOR DO ROCKET M2.....	28
TABELA11 – ORÇAMENTO PARA EXECUÇÃO DO PROJETO.....	29
TABELA12 – CARACTERÍSTICAS DO BULLET 2.....	30
TABELA13 – DESCRIÇÃO DAS INFORMAÇÕES NA FIGURA 28.....	35
TABELA14 – ESPEC. DE POT. DO TRANS. E RECEPTOR DO BULLET 2.....	36

## LISTA DE SIGLAS

**UTP** (Unshielded Twisted Par)

**IEEE** (Institute of Electrical and Electronic Engineers)

**Spread Spectrum** (Espalhamento Espectral)

**OSI** (Open System Interconnection)

**LCC** (Logical Link Control)

**MAC** (Access Control to the Environment)

**ACK** (acknowledge)

**CSMA/CA** (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)

**FHSS** (Frequency Hopping Spread Spectrum)

**FH-CDMA** (Frequency Hopping Code Division Multiple Access)

**DSSS** (Direct Sequence Spread Spectrum)

**OFDM** (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing)

**CCK** (Complementary Code Keying)

**PSK** (Phase Shift Keying)

**PHY** (Camada física)

**QAM** (Quadrature Amplitude Modulation)

**64-QAM** (64-bit Quadrature Amplitude Modulation)

**QPSK** (Quadrature Phase Shift Keying)

**BPSK** (Binary Phase Shift Keying)

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>Introdução.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>Contextualização e Justificativa.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2</b>	<b>Revisão Estado da Arte.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3</b>	<b>Objetivos.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3.1</b>	<b>Objetivos Gerais.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3.2</b>	<b>Objetivos Específicos.....</b>	<b>3</b>
<b>1.4</b>	<b>Metodologia.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Fundamentação Teórica.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1</b>	<b>Organização do Trabalho.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2</b>	<b>Redes sem Fio.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Controle do Link Lógico (LLC, IEEE 802.2) .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Controle de Acesso ao Meio (MAC, IEEE 802.11) .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2.3</b>	<b>Camada Física.....</b>	<b>8</b>
<b>2.3</b>	<b>Formas de Transmissão.....</b>	<b>8</b>
<b>2.3.1</b>	<b>FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) .....</b>	<b>8</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Transmissão DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) .....</b>	<b>9</b>
<b>2.3.3</b>	<b>OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing).....</b>	<b>10</b>
<b>2.4</b>	<b>Tipos de protocolos.....</b>	<b>10</b>
<b>2.4.1</b>	<b>Padrão IEEE 802.11.....</b>	<b>10</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Padrão IEEE 802.11b.....</b>	<b>10</b>
<b>2.4.3</b>	<b>Padrão IEEE 802.11g.....</b>	<b>11</b>
<b>2.4.4</b>	<b>Padrão IEEE 802.11n.....</b>	<b>12</b>
<b>2.5</b>	<b>Rádio Propagação.....</b>	<b>14</b>
<b>2.5.1</b>	<b>Alcance e Ganho de Antenas.....</b>	<b>14</b>
<b>2.5.2</b>	<b>Mecanismos de propagação.....</b>	<b>15</b>
<b>2.5.2.1</b>	<b>Reflexão e Refração.....</b>	<b>15</b>
<b>2.5.2.2</b>	<b>Difração.....</b>	<b>16</b>
<b>2.6</b>	<b>Zona de Fresnel.....</b>	<b>17</b>
<b>3</b>	<b>Avaliação do Projeto Teórico.....</b>	<b>18</b>
<b>3.1</b>	<b>Distância e Localização dos Dois Pontos Para o Enlace.....</b>	<b>18</b>
<b>3.2</b>	<b>Simulação do Enlace no Rádio Mobile.....</b>	<b>20</b>

<b>3.3</b>	<b>Configuração da Rede.....</b>	<b>24</b>
<b>3.4</b>	<b>Custo Para Execução do Projeto.....</b>	<b>29</b>
<b>4</b>	<b>Avaliação do Enlace Prático.....</b>	<b>30</b>
<b>4.1</b>	<b>Enlace Prático Usando Bullet m2 de 2.4 GHz.....</b>	<b>30</b>
<b>4.2</b>	<b>Características do Bullet m2 de 2.4 GHz.....</b>	<b>30</b>
<b>3.3</b>	<b>Configurando os Rádios.....</b>	<b>31</b>
<b>3.4</b>	<b>Comunicação dos Rádios.....</b>	<b>34</b>
<b>5.</b>	<b>Conclusão.....</b>	<b>38</b>
<b>6.</b>	<b>Referências.....</b>	<b>39</b>

## 1. Introdução

Com um mundo cada vez mais globalizado, o desenvolvimento das telecomunicações tem um papel importantíssimo para que haja comunicação entre dois pontos, e que possa haver comunicação de forma global. Entretanto, sabe-se que as comunicações são divididas em duas categorias de acordo com os meios usados para a transmissão das informações: os que utilizam meio físico metálico ou óptico (cabeados ou *wired*) e os que utilizam o meio aéreo (não-guiado ou *wireless*). Dessa forma, dentro dos sistemas que usam o meio aéreo, tem-se a comunicação por satélite e por rádio. Além disso, quando a comunicação é transmitida através de uma antena transmissora para apenas uma antena receptora, tem-se uma comunicação ponto a ponto (*point-to-point*).

Dentro disso, tem-se a definição de enlace de comunicação de rádio (enlace de rádio) como o estabelecimento de comunicação entre pelo menos dois pontos por meio de uma antena transmissora e receptora utilizando uma determinada frequência das ondas eletromagnéticas, sendo responsável pelo atendimento a serviços de voz e dados, além de que possuem baixo custo de investimento e facilidade de implantação.

Por tanto, o rádio enlace permite a comunicação entre duas pontas, transmitindo a informação de uma estação (*site*) até a outra ponta. Esta pode ser uma estação da operadora ou um cliente a ser atendido. É necessário frisar que o atendimento a serviços de voz e dados pode ser feito através de enlaces de rádios e/ou fibras. A utilização da fibra possui vantagens devido à capacidade de transmissão e algumas desvantagens, uma delas é o fato da fibra ser muito frágil, deve-se ter muito cuidado na sua instalação, utilizando dispositivos precisos na instalação para se fazer a junção e ligação da fibra, pois as dimensões são pequeníssimas, enquanto os enlaces de rádio são vantajosos porque o tempo de instalação é de curto prazo, mais possui algumas limitações como fornecimento de energia pelo fato do transmissor e receptor serem localizados em pontos que as vezes não se chega energia da concessionária distribuidora e outra dificuldade é que o sinal do rádio tem alcance limitado, mais é somente por este transmissão que é possível o alcance em regiões não desenvolvidas e inacessíveis, assim também em regiões densamente povoadas como em centros urbanos das cidades metropolitanas, uma vez que a implantação, a manutenção e a operação da fibra óptica são inviáveis por meio de transmissão.

Entretanto para uma comunicação utilizando rádios, se torna eficiente e vantajosa entre dois ou mais equipamentos quando se é utilizado em regiões de difícil acesso e principalmente em cidades serranas com relevos irregulares, mas antes da instalação dos transceptores nessas regiões é necessário uma simulação por algum aplicativo para analisar o desempenho dos rádios, e se existe alguma obstrução que atrapalhe a troca de dados (ATALIBA, 2015).

Um dos mais populares padrões de comunicação via rádio é o IEEE 802.11, que é muito utilizado em vários aparelhos, estando em constantes atualizações para se conseguir uma melhor velocidade de comunicação, com distâncias cada vez maiores, atualmente é o padrão mais difundido por usuários e também pelos provedores de Internet.

### **1.1. Contextualização e Justificativa**

A cidade de Meruoca no Estado do Ceará possui aproximadamente 15 mil habitantes, na qual a maioria da população mora na zona rural, com grande densidade florestal. Algumas localidades da cidade estão situadas em lugares mais altos e outras em regiões mais baixas, essas características geográficas em Meruoca propicia dificuldade da população de ter acesso a um meio de comunicação.

A Meruoca possui características topográficas e ambientais favoráveis para implementação de enlace de comunicação via rádio, uma vez que a mesma possui altitude média de 750 m, relevo irregular e dispersão entre as residências. Tais características não favorecem a escolha de sistemas de comunicações cabeadas, como apresentada na seção anterior.

Dessa forma, este trabalho analisará o desempenho de um enlace ponto a ponto de aproximadamente 15 Km entre Sobral e Meruoca utilizando o aplicativo *Radio Mobile* e um enlace prático ponto a ponto para atender o consumidor final utilizando equipamentos reais.

## 1.2. Estado da Arte

Para fundamentar este projeto, obteve-se ideias de outros trabalhos citados no desenvolver dessa seção. No trabalho (JOÃO MOISÉS, 2013) utiliza-se o aplicativo *Rádio Mobile* para simular enlaces com distâncias de 10 Km, 20 Km e 50 Km com diferentes equipamentos, fazendo o levantamento financeiro para cada distância.

O projeto (EDUARDO; MARCELO, 2006) apresenta uma transmissão via rádio entre dois municípios no estado do Pará, na Amazônia (Brasil), tendo ponto a ponto como forma de comunicação via rádio, abordando alguns equipamentos, estruturas aéreas e os principais mecanismos de propagação. No desenvolver do projeto existe a coleta de dados meteorológicos e do terreno nas duas regiões que se comunicam e com base a topografia se traça um perfil teórico do enlace, e a partir desses levantamentos e com auxílio de um aplicativo desenvolvido para esta afinidade obtém-se o enlace a ser implantado.

O trabalho (GLAUCO, 2003), apresenta enlaces para curtas distâncias utilizando o padrão IEEE 802.11b, abordando poucos conhecimentos sobre a forma de transmissão dos padrões IEEE 802.11g e IEEE 802.11n, fala-se das formas de transmissão dos padrões, e também quais as reais funções de antenas direcionais e não direcionais para comunicação via rádio.

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo Geral

- Realizar um estudo de desempenho técnico, previsão de custo relacionado a execução e implantação do enlace ponto a ponto entre a cidade de Meruoca – CE e a cidade de Sobral – CE, através de simulação e aplicação prática.

### 1.3.2. Objetivo Específicos

- Realizar simulação do enlace entre Sobral e Meruoca utilizando o rádio *Rocket M2*;
- Realizar uma aplicação prática de um enlace com menor distância;
- Levantamento das distâncias entre os pontos de enlace;

- Levantamento das condições do relevo entre os pontos de comunicação;
- Realizar o dimensionamento do enlace;
- Realizar a previsão do custo financeiro;
- Listagem de possíveis equipamentos levando em consideração custo e o benefício.

## 1.4. Metodologia

Através de referências bibliográficas citadas ao longo do texto, e com o auxílio do aplicativo *Radio Mobile for Windows 10.3.5 Freeware*, e de dois dispositivos *Bullet 2 2.4 GHz (Rádio)*, servirão de apoio para construção prática e teórica.

*Bullet 2 (Rádio)* é um equipamento que pode ser utilizado para enlaces, conexão de clientes e também para pontos de acesso, conecta em qualquer tipo de antena que possui conexão fêmea, muito útil em lugares que são de difícil acesso, afirma-se estas características no decorrer de sua utilização prática de ponto a ponto em pequenas distâncias.

Com o aplicativo consegue-se fazer análises do ambiente, e recomendações técnicas para obter taxas de transferências desejadas no ponto a ponto, facilitando a visão do projetista, com o *Bullet 2* faz-se um enlace de pequena distância, interligado com enlace com grande distância simulado pelo aplicativo, na qual esse de longa distância transmitirá altas taxas de dados.

Algumas variáveis técnicas que serão analisadas no aplicativo: polarização, frequência, altura da antena, topologia, direção da antena, tipo de antena, ganho da antena (dBi), ângulo de elevação, potência de transmissão (watt), perda de linha (dB), perda de cabo adicional (dB/m) e limiar do receptor ( $\mu\text{V}$ ).

Algumas variáveis externas são levadas em consideração no aplicativo: coordenadas geográficas, refratividade da superfície, condutividade do solo (S/m), permissividade do solo e o tipo de clima.

Para se fazer coletas de dados externos é inserido na base de dados do aplicativo o site do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), depois de inserido, o sistema coletará os dados automaticamente de acordo com a referência geográfica.



## 2. Fundamentação Teórica

Este capítulo apresenta a fundamentação teórica para o desenvolvimento realizado ao longo do trabalho. Na Seção 2.1 faz-se uma pequena explanação sobre alguns capítulos que são abordados neste projeto. A Seção 2.2 introduz os conceitos de maneira sucinta das redes sem fio (*wireless*), mostrando os principais pontos, tais como: camada física e de enlace. A Seção 2.3 conceitua as formas de transmissão de um enlace sem fio. A Seção 2.4 apresenta características em termos de taxa de transmissão, largura de banda e potência de transmissão dos protocolos do padrão 802.11. A Seção 2.5 explica os principais pontos da radio propagação úteis no projeto em questão. E finalmente a Seção 2.6 explica a máxima obstrução que o sinal pode ter na primeira Zona de Fresnel.

### 2.1. Organização do trabalho

Será abordado uma breve descrição do que os capítulos abordaram no desenvolver deste projeto, apresentado abaixo.

O Capítulo 2 apresenta os principais tipos de transmissão, podendo variar de acordo com o padrão utilizado, sendo este padrão definido na escolha do tipo de rádio, e para a propagação do sinal pode-se utilizar antenas direcionais ou não direcionais dependendo da aplicação, e para analisar melhor o sinal de propagação é importante verificar a Zona de Fresnel do enlace entre os transceptores, pois pode existir obstrução do sinal podendo comprometer a comunicação dos transceptores.

O Capítulo 3 mostra uma simulação de um enlace entre Sobral e Meruoca, que apresenta como está a qualidade do sinal, dando uma noção através dos dados colhidos pela simulação de qual padrão e velocidade a rede pode se enquadrar caso exista a execução do projeto, tendo o investidor a noção dos riscos ou não.

O Capítulo 4 apresenta um ponto a ponto prático protegido por senha, realizado em uma distância de 100 m através de dois bullet 2 (Rádio), que tem uma capacidade de transmissão até de 54 Mbps, muito utilizados para atender microempresas e consumidores residenciais.

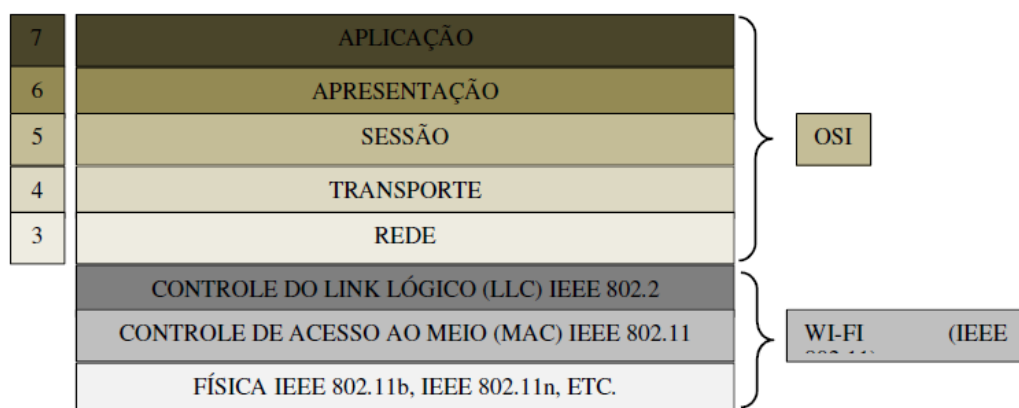
## 2.2. Redes sem fio

Os principais elementos para estabelecer uma rede sem fio são transmissor, canal de comunicação e o receptor, tendo o transmissor função de enviar pacotes de dados através do canal, e o receptor de solicitar e receber esses pacotes, o canal pode ser aberto (livre acesso) ou fechado (um código para acesso) (TERESA, 2011).

Atualmente a tecnologia mais popular para conexão é o padrão IEEE 802.11, conhecido como *Wireless Fidelity (Wi-fi)*. *Wi-fi* é uma marca que é registrada pela Aliança *Wi-fi*, na qual contém várias empresas que fabricam essa tecnologia, formando assim um grupo de fabricação. Para se utilizar o nome *Wi-fi* no produto é preciso passar pela certificação do grupo, sendo assim *Wi-fi* e IEEE 802.11 não são as mesmas coisas, a partir da certificação, *Wi-fi* se tornará IEEE 802.11, mais nem todos equipamentos IEEE 802.11 será *Wi-fi*, deixando mais de lado a nomenclatura, quase todos usam os termos “IEEE 802.11”, “Sem fio”, “*Wi-fi*” e “*Wireless*” como se fossem as mesmas coisas (TORRES, 2001).

O alcance e a taxa de transferência depende de quais padrões (802.11b, 802.11g, 802.11n e outros) o rádio utiliza podendo variar dependendo do modelo, e do tipo de antena a ser utilizado. Os padrões operam na camada um e dois no modelo OSI, na qual se responsabiliza em capturar os dados passando por protocolos de alto nível, dividindo-os em quatro, e transmitindo todas as informações através das ondas de rádio, as camadas de três a sete serve de modelo para aplicação, sendo responsáveis por tais aplicações os provedores. A Figura 1 apresenta a divisão da camada OSI para o padrão:

Figura 1- Padrão IEEE 802.11 modelo OSI



Fonte: TORRES (2001)

### **2.2.1. Controle do Link Lógico (LLC, IEEE 802.2)**

Está subcamada situa-se próximo a camada de rede no modelo OSI, tendo a função de entregar pacotes de dados, realizar multiplexação, controle de fluxo, e controle de erro.

Máquinas que demoram muito para processar os dados recebidos, acabam sendo sobrecarregados quando recebem muito dados por tecnologias que têm a capacidade de enviar dados rapidamente, entretanto é para isso que serve esta subcamada, tendo uma função controlar o fluxo de dados enviados para não sobrecarregar a máquina que está recebendo as informações (TANENBAUM, 2003).

Em uma rede é normal que eventualmente um determinado sinal enviado não chegue corretamente no destino, para a correção do erro existe duas formas: o receptor pedir para o emissor que envie novamente os dados, ou pedir para que o emissor corrija o erro detectado. O primeiro é o mais simples e mais rápido, e também mais utilizado atualmente na maioria das redes, o segundo requer que o emissor envie informações redundantes para correção do erro, prejudicando a velocidade da rede.

### **2.2.2. Controle de Acesso ao Meio (MAC, IEEE 802.11)**

O MAC (Controle de Acesso ao Meio) nos modelos IEEE 802.11 e IEEE 802.3 (redes *Ethernet*), tornam-se diferentes na forma que analisam o meio para a verificação da disponibilidade de transporte, uma vez que no padrão IEEE 802.11 geralmente utiliza o método CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*), funcionando da seguinte forma, a estação antes de fazer a transmissão, analisa o seu destino, que no caso pode ser o receptor, averiguando se já está existindo alguma comunicação, caso esteja existindo uma comunicação, aguarda-se um tempo aleatório, até o canal ficar disponível, na disponibilidade, a estação automaticamente estabelece a comunicação. O único caso de ocorrer uma colisão é no cenário em que as duas estações tentam se comunicar ao mesmo tempo no caso de canal livre (NASCIMENTO, 2012).

### 2.2.3. Camada Física

A camada física agrupa os blocos de dados produzidos, e faz o transporte de dados através das ondas de rádio. O modo de transporte varia de acordo com o padrão IEEE 802.11 utilizado. Os padrões apresentam mudança automática dos seus parâmetros, tais como taxa de transferência e tipo de modulação a partir do cenário inserido.

As faixas de frequência que podem ser trabalhadas nos padrões IEEE 802.11 são 2.4 GHz e 5.8 GHz, essas duas faixas de frequências são legais e liberadas para telecomunicação via rádio, devido a liberação Anatel (TORRES, 2001).

## 2.3. Formas de Transmissão

Na comunicação via rádio são indispensáveis técnicas de espalhamento de frequência, uma vez que tais técnicas proporcionam melhora na eficiência espectral e segurança na comunicação. Dentre as técnicas mais importantes estão o FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum*), DHSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*) e OFDM (*Orthogonal Frequency-Division Multiplexing*).

### 2.3.1. FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum*)

FHSS (*Frequency-hopping spread spectrum* ou Espalhamento de Espectro com Salto de Frequência) é uma maneira de transmissão de sinais de rádio, na qual existe uma mudança pseudoaleatória na portadora através de vários canais disponíveis, conhecidas tanto pelo transmissor como pelo receptor, ao todo se tem 77 canais de 1MHz disponíveis para serem usados, entre 2.402 MHz e 2.479 MHz (2,4 GHz), que é um intervalo de frequência liberado pela agência reguladora de telecomunicações.

Com uma transmissão de espectro variável oferece grandes vantagens, como: resistência a interferências e dificulta a interceptação. Pode-se também utilizar uma mesma faixa de frequência na região sem gerar interferências.

Dispositivos com essa forma de transmissão são raramente utilizados, pois a velocidade de transmissão é muito baixa, em torno de 1 Mbps e 2 Mbps, não

acompanhando assim a necessidade de uma alta velocidade que os dispositivos de hoje necessitam para desempenhar bem suas funções, como baixar ou assistir um vídeo rapidamente, não satisfazendo o consumidor, que cada vez mais está criterioso no quesito velocidade de transmissão (TORRES, 2001).

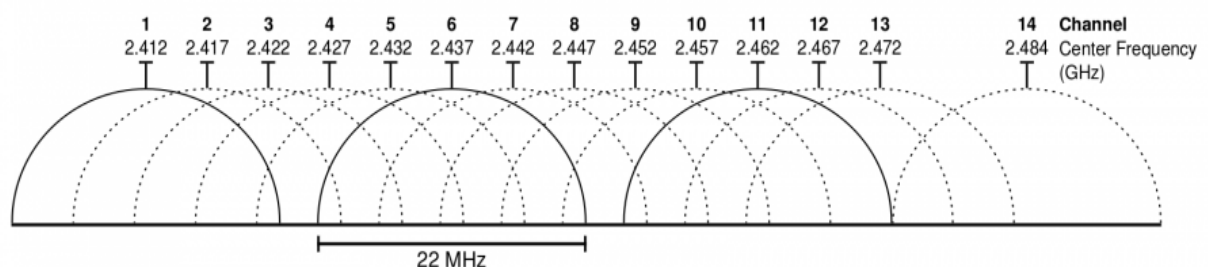
### 2.3.2. Transmissão DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*)

Este método DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum* ou Espalhamento de Espectro por Sequência Direta), de transmissão, diferencia-se do FHSS por ter uma troca de canal sequencial, dessa forma em termo de segurança o FHSS é muito mais seguro. No mercado encontra-se tecnologias DSSS que opera nas seguintes taxas de transferências: 1 Mbps, 2 Mbps, 5,5 Mbps e 11 Mbps.

DSSS funciona de maneira parecida com a tecnologia FHSS, só que ao invés de usar uma maneira pseudoaleatória na troca dos canais, se utilizará uma forma sequencial para troca dos canais. No sistema da figura 2, é determinada a divisão de 14 canais com uma frequência de 2.4 GHz com 22 MHz de largura de banda, cada canal inicia com 5 MHz depois do outro. Identifica-se a frequência de um canal através da frequência central, no canal 1, por exemplo, tem início na frequência 2.401 GHz, como a largura de banda é de 22 MHz, a frequência central será 2.412 GHz, que é a soma do início da frequência com a metade da banda do sistema, obtendo a frequência central do canal 1.

No sistema visto na figura 2, os canais 1 a 5 como os de 6 até o 10, se sobrepõem, pode-se concluir que 3 canais não se sobrepõem, que é o 1, 6 e 11, alguns países utilizam os mesmos canais deste sistema, só que em algumas regiões alguns canais são habilitados e outros desabilitados.

Figura 2 - Canais e frequências centrais para a faixa de 2,4 GHz



### 2.3.3. OFDM (*Orthogonal Frequency-Division Multiplexing*)

Uma das formas de transferir dados é pelo OFDM (Multiplexação Ortogonal por Divisão de Frequência) usado muito nas redes IEEE 802.11 atuais. O OFDM divide uma determinada faixa de frequência em parcelas menores de modo ortogonais entre si, após essa divisão o sinal a ser transmitido também é dividido e alocado para as frequências ortogonais (subportadoras) (TORRES, 2001).

As subportadoras têm a capacidade de transmitir os dados em paralelo ao mesmo tempo, dando uma melhor eficiência na transferência de dados e uma maior velocidade, na qual se diferencia das formas de transferência anteriores, que só tem capacidade de transmitir dados de uma só vez por um canal.

## 2.4. Tipos de protocolos

Será abordado no decorrer desse tópico os padrões seguintes: IEEE 802.11, IEEE 802.11b, IEEE 802.11g e IEEE 802.11n.

### 2.4.1. Padrão IEEE 802.11

O primeiro padrão criado em 1997 foi o IEEE 802.11, na qual tem três modos de transmissão: FHSS, DSSS e infravermelho, este padrão tem duas velocidades de transmissão possíveis, 1 Mbps ou 2 Mbps, operando em 2,4 GHz (TORRES, 2001).

**Tabela 1 - Características do padrão IEEE 802.11**

IEEE 802.11	
<b>Número de Canais</b>	3
<b>Modulações</b>	PSK(DSSS) GFSK (FHSSS)

Fonte: Produzida pelo autor

### 2.4.2. Padrão IEEE 802.11b

Padrão lançado em 1999, com duas velocidades de transmissão, 5,5 Mbps e 11 Mbps, este padrão tem um modo de transmissão DSSS, uma modulação

identificada como CCK (*Complementary Code Keying*), nessa modulação é convertido em símbolo de oito bits grupo de quatro ou em bloco de oito bits. A comunicação acontece com um *clock* de 11 MHz, que apresenta uma determinada taxa de 1,375 milhões de símbolos por segundo. Com símbolo representado um grupo de 4 bits, tem-se uma velocidade de 5,5 Mbps, e quando o símbolo é representado por um grupo de 8 bits, teremos uma velocidade de 11 Mbps (TORRES, 2001).

**Tabela 2 - Características do padrão IEEE 802.11b**

IEEE 802.11b	
<b>Número de Canais</b>	3
<b>Modulações</b>	CCK PSK

Fonte: Produzido pelo autor

### 2.4.3. Padrão IEEE 802.11g

Este padrão é para uma comunicação que pode operar em até em 54 Mbps, possui uma grande vantagem de poder se comunicar com os padrões IEEE 802.11b e IEEE 802.11 operando na mesma faixa de frequência, sendo 2,4 GHz, para se ter uma alta taxa de transferência, usa-se o método de transferência OFDM, permitindo alcançar grandes distâncias (TORRES, 2001).

**Tabela 3 - Características do padrão IEEE 802.11g**

IEEE 802.11g	
<b>Número de Canais</b>	3
<b>Modulações</b>	BSPK (6 Mbps e 9 Mbps), QPSK (12 Mbps e 18 Mbps), 16-QAM (24 Mbps e 36 Mbps) ou 64-QAM (48 Mbps e 54 Mbps)

Fonte: Produzido pelo autor

Interpreta-se os dados na Tabela 4 da seguinte forma, com uma velocidade máxima de 54 Mbps, é codificado 6 bits por cada subcanal dos 48, tendo 288 bits ao todo por símbolo, tem-se  $\frac{3}{4}$  de taxa de codificação, que são 216 bits de dados por símbolos transmitidos no sistema, já o restante que é  $\frac{1}{4}$  são bits usados para correção

e orientação da transmissão, tem-se 54 Mbps pela multiplicação 250 mil símbolos existentes com os 216 bits de dados por símbolo, obtendo assim uma taxa teórica de transmissão de 54 Mbps, o mesmo modelo funciona para as outras velocidades, só não mudará o número de subcanais que são 54.

**Tabela 4 - Transmissão IEEE 802.11g**

<b>Velocidade (Mbps)</b>	<b>Modulação</b>	<b>Taxa de Codificação</b>	<b>Bits por subcanal</b>	<b>Bits por símbolo</b>	<b>Bits de dados por símbolo</b>
6	BPSK	$\frac{1}{2}$	1	48	24
9	BPSK	$\frac{3}{4}$	1	48	36
12	QPSK	$\frac{1}{2}$	2	96	48
18	QPSK	$\frac{3}{4}$	2	96	72
24	16-QAM	$\frac{1}{2}$	4	192	96
36	16-QAM	$\frac{3}{4}$	4	192	144
48	64-QAM	$\frac{1}{2}$	6	288	192
54	64-QAM	$\frac{3}{4}$	6	288	216

Fonte: TORRES (2001)

#### **2.4.4. Padrão IEEE 802.11n**

Este padrão tem como maior característica, atingir altas taxas de transferência, na qual diferencia dos demais padrões anteriores, pelo fato de se utilizar mais de uma antena para estabelecer uma comunicação (TORRES, 2001).

Este padrão suporta até quatro antenas de receptores com quatro antenas de transmissores, usualmente conhecida como MIMO (*Multiple-Input Multiple-Output*, múltiplas entradas e múltiplas saídas), e também tem a capacidade de se comunicar com qualquer padrão anterior.

Está técnica que possibilita usar até quatro antenas é conhecida como multiplexação espacial, que faz uma comunicação simultânea em transmissão, já os padrões anteriores se utiliza uma só antena. Usando o método OFDM neste padrão, teremos 52 subcanais para um enlace, obtendo no mínimo 65 Mbps e no máximo 600 Mbps.

A velocidade de transferência dependerá do número de antenas utilizadas, largura de banda do canal e do intervalo de guarda, intervalo máximo que o transmissor e o receptor tem de negociação (TORRES, 2001). Observa-se na Tabela 5, o que tem que usar para obter a velocidade de transmissão desejável.



**Tabela 5 - Transmissão IEEE 802.11n**

Taxa de Transferência	Antena	Tamanho do Canal	Intervalo de Guarda
65 Mbps	1 x 65 Mbps	20 MHz	800 ns
72,2 Mbps	1 x 65 Mbps	20 MHz	400 ns
130 Mbps	1 x 65 Mbps	20 MHz	800 ns
135 Mbps	1 x 135 Mbps	40 MHz	800 ns
144,4 Mbps	2 x 72,2 Mbps	20 MHz	400 ns
150 Mbps	1 x 150 Mbps	40 MHz	400 ns
195 Mbps	3 x 65 Mbps	20 MHz	800 ns
216,7 Mbps	3 x 72,2 Mbps	20 MHz	400 ns
260 Mbps	4 x 65 Mbps	20 MHz	800 ns
270 Mbps	2 x 135 Mbps	40 MHz	800 ns
288,9 Mbps	4 x 72,2 Mbps	20 MHz	400 ns
300 Mbps	2 x 150 Mbps	40 MHz	400 ns
405 Mbps	3 x 135 Mbps	40 MHz	800 ns
450 Mbps	3 x 150 Mbps	40 MHz	400 ns
540 Mbps	4 x 135 Mbps	40 MHz	800 ns
600 Mbps	4 x 135 Mbps	40 MHz	400 ns

Fonte: TORRES (2001)

Na Tabela 6, pode-se identificar o tipo de modulação de acordo com a velocidade de transmissão e largura do canal, a nomenclatura MCS (Esquema de codificação e modulação) é fornecida pelo *datasheet* do equipamento com o padrão 802.11n.

**Tabela 6 - Modulações e velocidades de transmissão no padrão IEEE 802.11n**

MCS	Número de antenas	Modulação	Taxa de Codificação	Velocidade (Mbit/s)			
				20 MHz		40 MHz channel	
				800 ns GI	400 ns GI	800 ns GI	400 ns GI
0	1	BPSK	1/2	6.50	7.20	13.50	15.00
1	1	QPSK	1/2	13.00	14.40	27.00	30.00
2	1	QPSK	3/4	19.50	21.70	40.50	45.00
3	1	16-QAM	1/2	26.00	28.90	54.00	60.00
4	1	16-QAM	3/4	39.00	43.30	81.00	90.00
5	1	64-QAM	2/3	52.00	57.80	108.00	120.00
6	1	64-QAM	3/4	58.50	65.00	121.50	135.00
7	1	64-QAM	5/6	65.00	72.20	135.00	150.00
8	2	BPSK	1/2	13.00	14.40	27.00	30.00
9	2	QPSK	1/2	26.00	28.90	54.00	60.00
10	2	QPSK	3/4	39.00	43.30	81.00	90.00
11	2	16-QAM	1/2	52.00	57.80	108.00	120.00
12	2	16-QAM	3/4	78.00	86.70	162.00	180.00
13	2	64-QAM	2/3	104.00	115.60	216.00	240.00

14	2	64-QAM	3/4	117.00	130.00	243.00	270.00
15	2	64-QAM	5/6	130.00	144.40	270.00	300.00
16	3	BPSK	1/2	19.50	21.70	40.50	45.00
17	3	QPSK	1/2	39.00	43.30	81.00	90.00
18	3	QPSK	3/4	58.50	65.00	121.50	135.00
19	3	16-QAM	1/2	78.00	86.70	162.00	180.00
20	3	16-QAM	3/4	117.00	130.00	243.00	270.00
21	3	64-QAM	2/3	156.00	173.30	324.00	360.00
22	3	64-QAM	3/4	175.50	195.00	364.50	405.00
23	3	64-QAM	5/6	195.00	216.70	405.00	450.00
24	4	BPSK	1/2	26.00	28.80	54.00	60.00
25	4	QPSK	1/2	52.00	57.60	108.00	120.00
26	4	QPSK	3/4	78.00	86.80	162.00	180.00
27	4	16-QAM	1/2	104.00	115.60	216.00	240.00
28	4	16-QAM	3/4	156.00	173.20	324.00	360.00
29	4	64-QAM	2/3	208.00	231.20	432.00	480.00
30	4	64-QAM	3/4	234.00	260.00	486.00	540.00
31	4	64-QAM	5/6	260.00	288.80	540.00	600.00

Fonte: Under-Linux.Org

Anteriormente foi visto que para cada quadro transmitido, o receptor confirma a recepção de dados com um envio de quadros ACK, nesse padrão tem-se algo mais sofisticado na qual o receptor envia somente um quadro com a recepção de vários quadros de transmissão, na qual se chama BA (*Block Acknowledge*, confirmação em bloco), diminuindo os quadros anteriormente emitidos pelo receptor, disponibilizando mais espaço para transmissão de dados (TORRES, 2001).

**Tabela 7 - Características do padrão IEEE 802.11n**

IEEE 802.11n	
<b>Número de Canais</b>	3
<b>Modulações</b>	BSPK , QPSK, 16-QAM ou 64-QAM.

Fonte: Produzida pelo autor

## 2.5. Rádio Propagação

### 2.5.1. Alcance e Ganho de Antenas

A capacidade de alcance de uma antena depende de dois fatores, uma é o fator técnico (tipo de antena e sua potência), e o fator externo (fatores ambientais e climáticos).

Atualmente existe dois tipos de antenas mais usados no meio de comunicação sem fio, que é a omnidirecional (não direcional) e a direcional, se utiliza a direcional para comunicações de longa distâncias ou curtas, com um proposito maior de transmissão e recepção de dados, estabelecendo assim um enlace mais eficaz, a omnidirecional utiliza-se com finalidade maior para os clientes conectarem, e também tem-se como exemplo de não direcional os roteadores de internet.

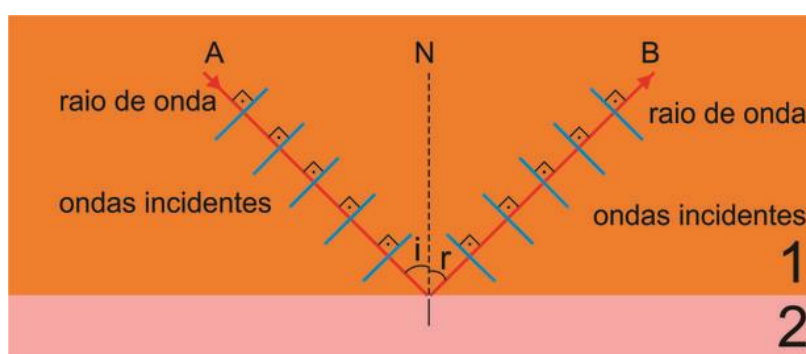
A principal informação de uma antena é o seu ganho, na qual é especificado pelo fabricante em dBi, quanto maior é o ganho, maior será o alcance do sinal, a antena direcional possui um alcance maior do que as não direcionais, pois se tem uma concentração maior de sinal em um ponto (Bersot, 2017).

## 2.5.2. Mecanismos de propagação

### 2.5.2.1. Reflexão e Refração

Reflexão acontece quando uma onda atinge uma determinada região que separa dois meios e retorna com a mesma velocidade de propagação e frequência da origem de onda incidente. O ângulo de incidência é o mesmo ângulo da onda refletida, na Figura 3 pode-se ver como acontece a reflexão (JOSE CARLOS, 2013).

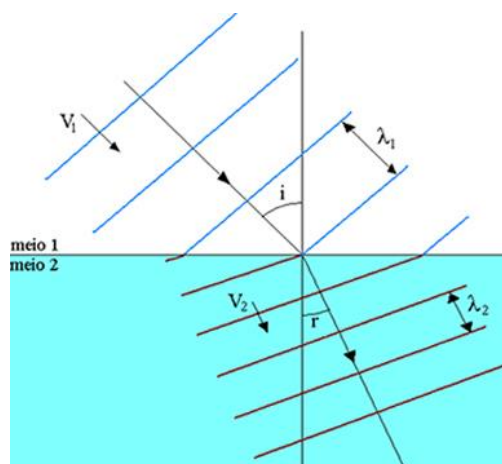
Figura 3 - Reflexão de uma onda eletromagnética



Fonte: <http://educacao.globo.com/fisica/assunto/ondas-e-luz/fenomenos-ondulatorios.html>

A refração acontece quando uma onda atinge uma determinada região que separa dois meios e consegue atravessar, se propagando em outro meio, existindo alteração na sua velocidade de propagação, que conseqüentemente altera o comprimento de onda comparado a onda incidente, observa-se esse fenômeno na Figura 4.

Figura 4 - Refração de uma onda eletromagnética

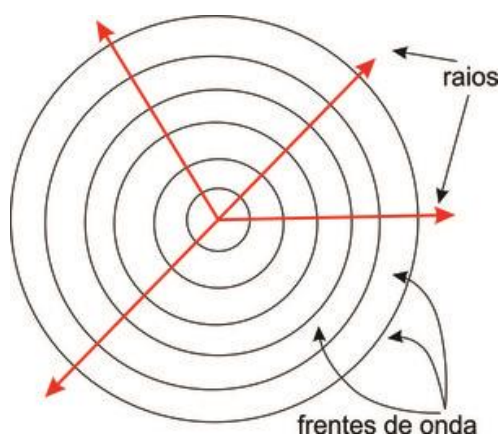


Fonte: <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/refracao-ondas.htm>

### 2.5.2.2. Difração

Chama-se frente de onda o conjunto de infinitos pontos de forma circular que separa a região que ainda não foi atingida pela onda da região já atingida. O raio de onda é uma direção de propagação das ondas em um determinado ponto, observa-se melhor na Figura 5 abaixo (JOSE CARLOS, 2013).

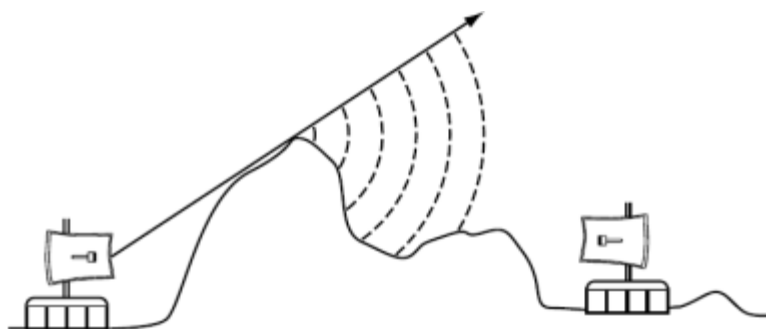
Figura 5 - Frente de onda



Fonte: <http://educacao.globo.com/fisica/assunto/ondas-e-luz/fenomenos-ondulatorios.html>

Na Figura 6, observa-se como acontece a difração, visto que quando uma frente de onda encontra um obstáculo, é refletido parte da onda transmitida e a outra parte é transmitida onde não se tem obstáculo, conseguindo passar livremente, ela se comportará como pequenas fontes de ondas, gerando outras ondas do outro lado do obstáculo, que tendem a se espalhar.

Figura 6 - Difração de uma onda eletromagnética

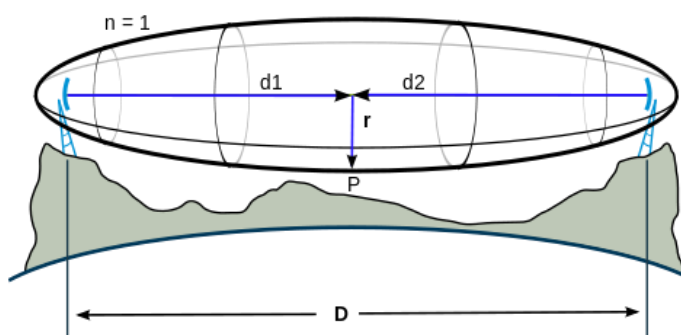


Fonte: [http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialwifimanaus1/pagina\\_3.asp](http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialwifimanaus1/pagina_3.asp)

## 2.6. Zona de Fresnel

Zona de Fresnel foi nomeado pelo físico Augustin-Jean Fresnel, entende-se como várias elipses concêntricas ao redor da linha visada, então zona de Fresnel é a área elíptica em torno da linha de visada, podendo ter interferências, caso exista algum bloqueio, observa-se sua forma na Figura 7. Para que o receptor tenha uma boa comunicação via rádio, é preciso minimizar possíveis perdas por obstrução removendo obstáculos da linha de visada. As ondas eletromagnéticas mais fortes estão localizadas na linha direta entre o transmissor e o receptor, e também na primeira zona de Fresnel.

Figura 7 - Primeira zona de Fresnel e linha de visada



Fonte: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Zona\\_de\\_Fresnel](https://pt.wikipedia.org/wiki/Zona_de_Fresnel)

Se existir obstáculos reflexivos ao longo do caminho do sinal, pode o sinal chegar fora de fase diminuindo a potência do sinal recebido ou aumentando quando o sinal chega em fase. Atualmente 20% de bloqueio na primeira zona de Fresnel é considerável, já a partir 40% de bloqueio pode acarretar uma perda significativa.

### 3. Avaliação do Projeto Teórico

O desenvolvimento de um enlace via rádio ponto a ponto possui complexidade proporcional a distância entre o transmissor e receptor, uma vez que o canal de comunicação torna-se severo. Com intuito de torna o projeto viável duas frentes são necessárias.

A primeira frente levará em conta os conceitos teóricos e aplicativo de simulações para uma longa distância entre transmissor e receptor. Na segunda frente será considerada uma distância razoável entre os equipamentos, tornando possível o enlace prático.

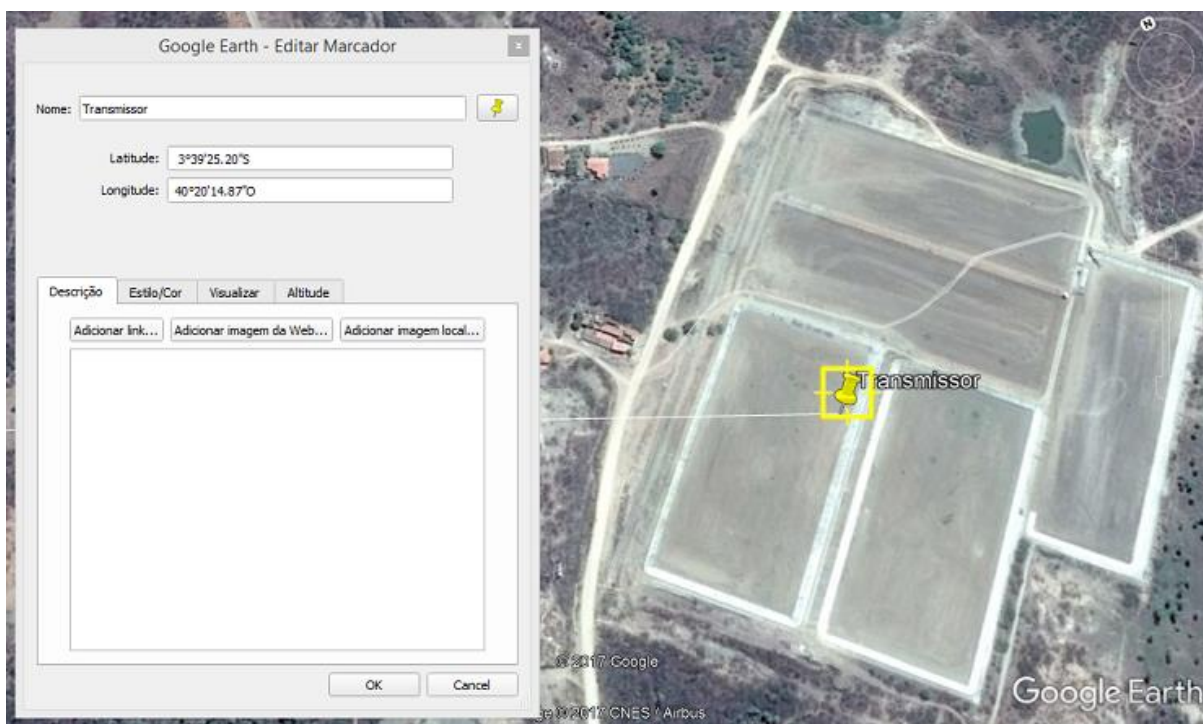
#### 3.1. Distância e localização dos transceptores para o enlace

Devido a escala ser em quilômetros (Km) e os equipamentos serem de alto custo, fez-se uma simulação de um enlace de Sobral até Meruoca, Meruoca fica a 24 Km de Sobral. Será usado o *Google Earth* para se obter a localização precisa do transmissor e o receptor.

Na Figura 8 tem-se o transmissor com as seguintes coordenadas: 3°39'25.20"S(latitude) e 40°20'14.87"O(longitude), e na Figura 9 tem-se o receptor com as coordenadas: 3°36'3.48"S(latitude) e 40°27'32.25"O(longitude).

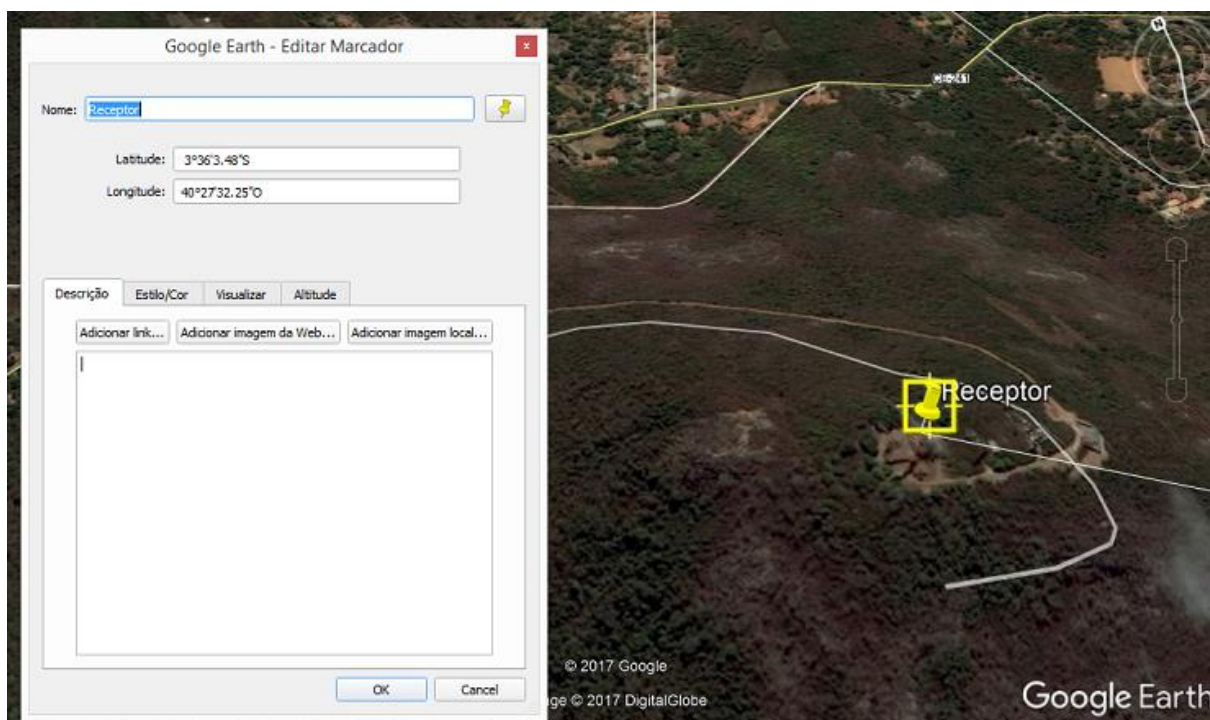
A partir desses dois pontos começa-se o estudo de viabilidade técnica para implantar um enlace ponto a ponto com a ajuda do aplicativo *Rádio Mobile*, que dará as noções fundamentais, como altura das torres, frequência, tipo de rádio e antenas, para a execução do projeto.

Figura 8 - Localização do transmissor em Sobral – CE



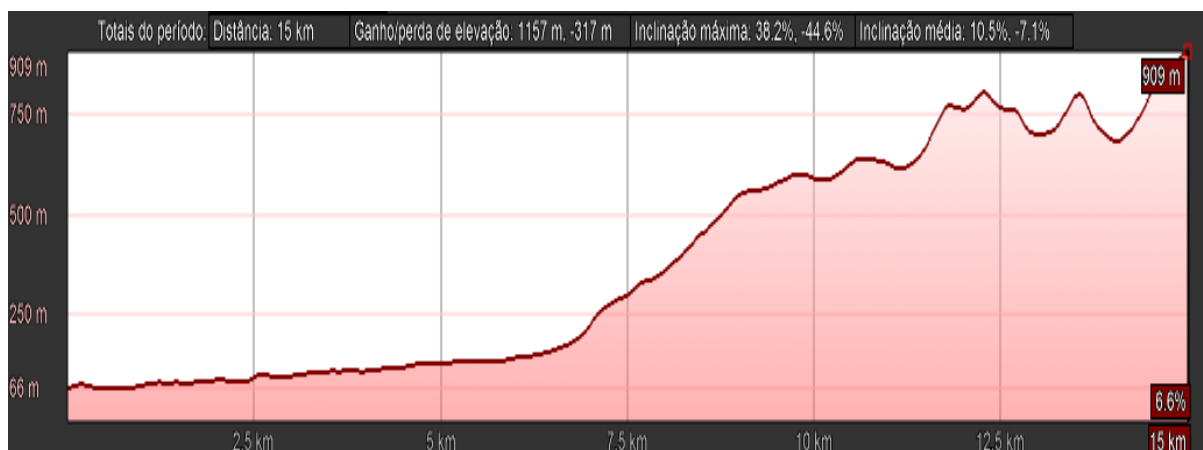
Fonte: Google Earth

Figura 9 - Localização do receptor em Meruoca – CE



Fonte: Google Earth

Figura 10 - Relevo do enlace entre o transmissor e o receptor



Fonte: Google Earth

Na Figura 10, obtida pelo o *Google Earth*, tem-se a distância entre o transmissor e o receptor que é de 15 Km (linha reta), teremos a altitude do transmissor e do receptor, respectivamente 66 m e 909 m, e pode-se ter uma noção visual do relevo entre os dois pontos.

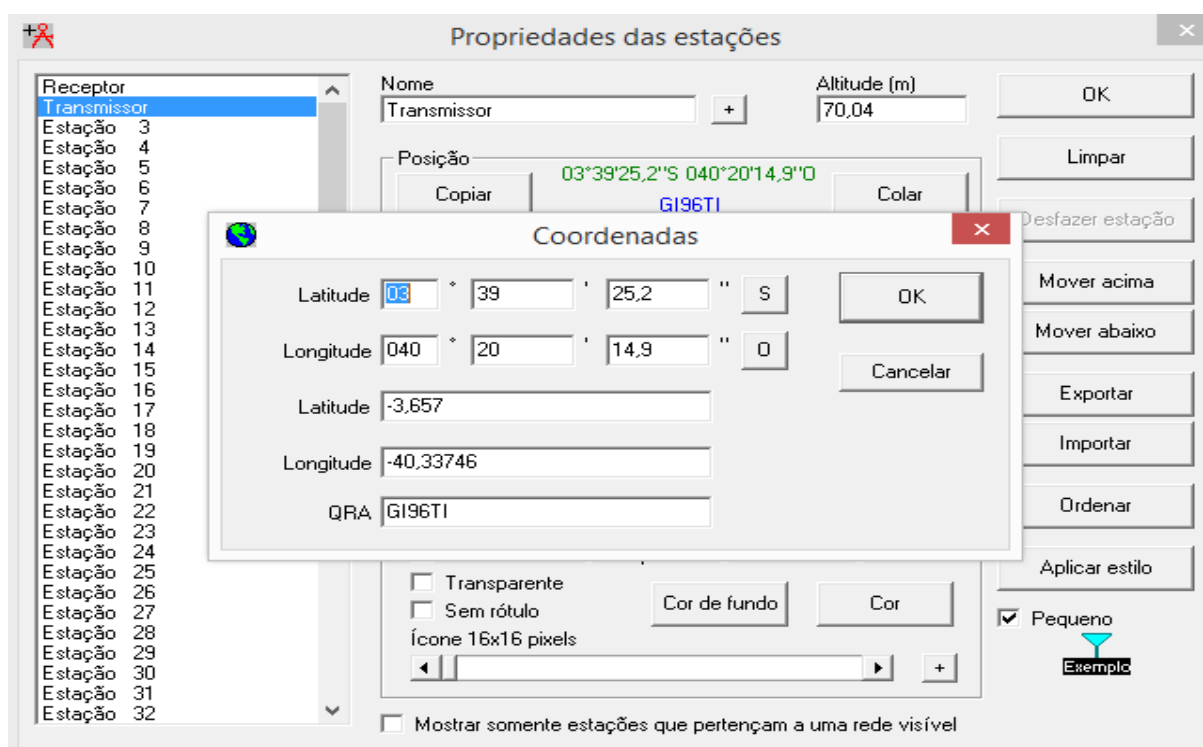
### 3.2. Simulação do enlace no Rádio Mobile

Informa-se as coordenadas do transmissor, visto na Figura 11 e também do receptor, visto na Figura 12, dando início a viabilidade técnica da implantação desse sistema. Lembrando que os pontos georeferenciados no *Rádio Mobile*, foi de origem do *Google Earth*.

Após informada as devidas localizações dos transceptores, o aplicativo dará um QRA automaticamente, na qual é um sistema de coordenadas geográficas, que comprime latitude e longitude em uma sequência de caracteres curta.

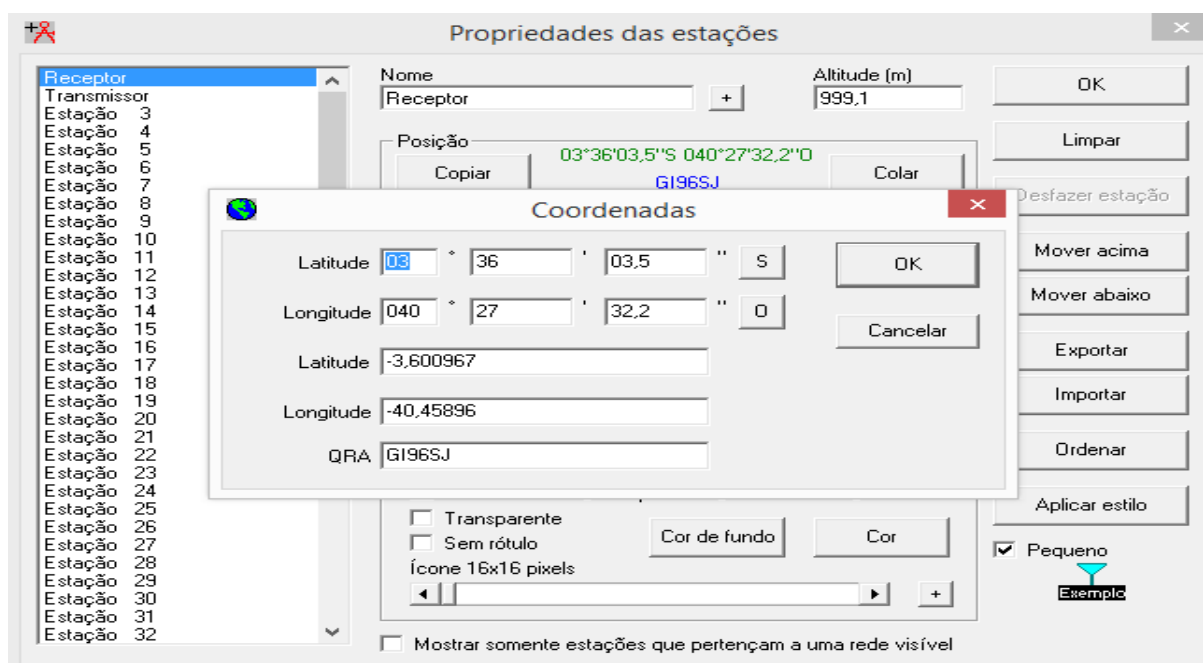


Figura 11 - Coordenadas do Transmissor



Fonte: Rádio Mobile

Figura 12 - Coordenadas do Receptor



Fonte: Rádio Mobile

Para ter-se uma boa cobertura territorial, e um melhor entendimento do relevo que fica ao redores dos pontos do enlace, capturara-se uma imagem a 50 Km da superfície terrestre, tendo como um ponto central na imagem a cidade de Sobral,

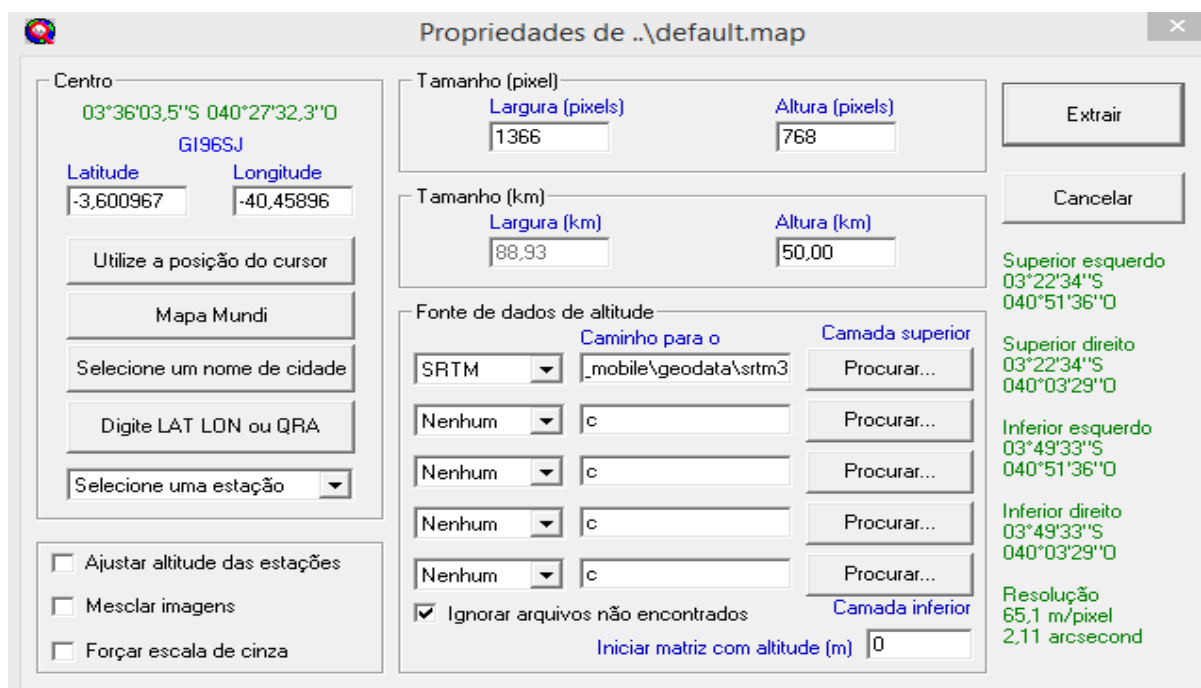
pode-se observar na Tabela 8 as descrições das informações na Figura 13, para um melhor entendimento.

**Tabela 8 – Descrição das informações na imagem 13.**

Informação	Descrição
Latitude e Longitude	Ponto central de referência para captura de imagem, são formas opcionais de escolher o ponto que se deseja.
Selecione um nome de uma cidade	
Digite LAT ou LON ou QRA	
Mapa Mundi	Visualizar todo mapa mundi com localização do ponto de referência central
Tamanho (pixel)	Tamanho da imagem
Tamanho (Km)	Altura que se quer capturar a imagem
Fonte de dados de altitude	Pasta de destino para salvar as informações sobre o relevo
Superior Esquerdo	Coordenadas dos cantos superiores e inferiores que formaram a imagem capturada
Superior Direito	
Inferior Direito	
Inferior Esquerdo	

Fonte: Produzido pelo autor

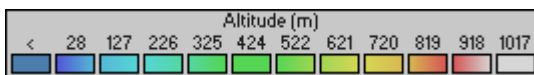
**Figura 13 - Configurações para obter a imagem**



Fonte: Rádio Mobile

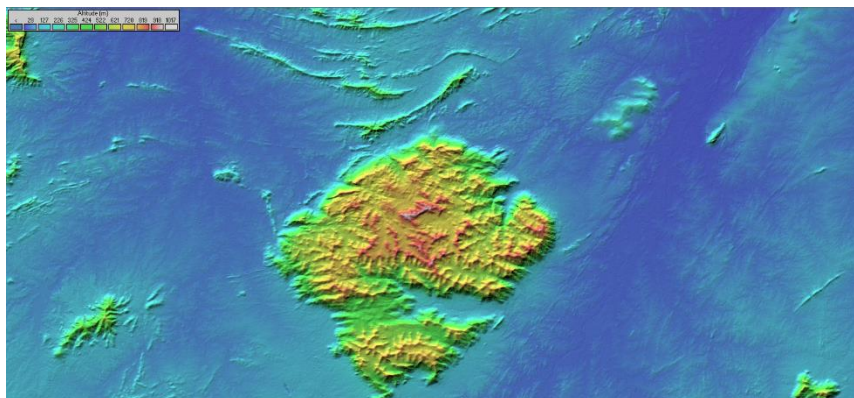
Na Figura 14, tem-se a noção básica da altitude a partir das cores especificadas, na Figura 15, foi capturado uma imagem com 50 Km do solo terrestre, na qual fica nítido a localização da Meruoca na parte central da imagem, pois é uma serra com altitudes muito maiores que a da cidade de Sobral.

Figura 14 - Relação entre a altitude e as cores



Fonte: Rádio Mobile

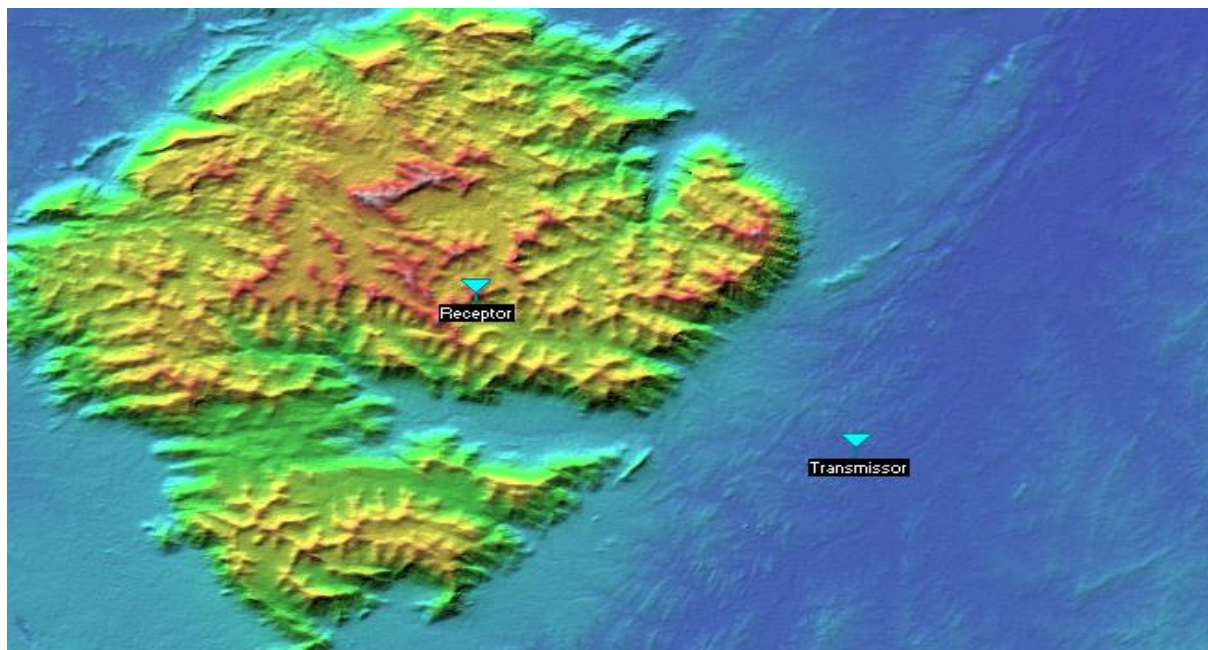
Figura 15 - Imagem capturada a 50Km do solo terrestre



Fonte: Rádio Mobile

Após a extração do mapa e a identificação do transmissor e do receptor, obtém-se na Figura 16 suas respectivas localizações. Tendo o receptor na Serra da Meruoca e o transmissor em Sobral.

Figura 16 - Localização do receptor e do transmissor



Fonte: Rádio Mobile

### 3.3. Configuração da rede

Para iniciar as configurações da rede, deve-se coletar os dados dos equipamentos que serão utilizados, no caso foi escolhido o rádio *Ubiquiti Rocket M2*.

Com a Tabela 9, pode-se saber a descrição das informações usadas na propriedade da rede;

**Tabela 9 – Descrição de informações das propriedades de rede imagem 17.**

Informação	Descrição
Nome do Sistema	Um nome que se dar ao sistema a ser configurado
Potência de transmissão	Potência máxima de transmissão
Limiar do receptor	Sensibilidade máxima do equipamento
Perda de linha	Perdas que acontecem no cabo, cavidades e conectores
Tipo de antena	Polaridade da antena disponível no site do fabricante
Ganho da antena	Ganho máximo da antena
Altura da antena	Altura que fica localizado as antenas na torre
Perda de cabo adicional	Todas as perdas são levadas em consideração na Perda de linha

Fonte: Produzido pelo autor

Na Figura 17, é dado início com a primeira rede usando o rádio *Ubiquiti Rocket M2*, na qual todos os dados usados abaixo, foram do *datasheet* e do site do fabricante.

Analisando a figura abaixo têm-se os seguintes dados de entrada;

- i) Nomeação do sistema, nomeado como RM2;
- ii) Potência máxima de transmissão de 28 dBm;
- iii) Nível de sensibilidade máximo do equipamento de -96 dBm;
- iv) Perda de linha, perda na utilização de cabo, recomendado 2,5 dB;
- v) Tipo de antena com polarização horizontal;
- vi) Informado o ganho da antena de 34 dBi;
- vii) Altura da antena acima do solo de 20 m;

Figura 17 - Rede com *Ubiquiti Rocket M2*

The screenshot shows the 'Propriedades de rede' dialog box with the 'Sistemas' tab selected. On the left, a list of systems is shown, with 'RM2' highlighted. The main configuration area includes the following fields and options:

- Nome do sistema:** RM2
- Potência de transmissão (Watt):** 0,6309574 (dBm) 28
- Limiar do receptor ( $\mu$ V):** 3,5481 (dBm) -96
- Perda de linha (dB):** 2,5 (Cabo+cavidades+conectores)
- Tipo de antena:** RM2-34.ant (Visualizar)
- Ganho da antena (dBi):** 34 (dBd) 31,85
- Altura da antena (m):** 20 (Acima do solo)
- Perda de cabo adicional (dB/m):** 0 (se a altura da antena difere)

Buttons at the bottom include 'Inserir em Radiosys.dat' and 'Remover de Radiosys.dat'.

Fonte: Rádio Mobile

Próximo passo será em efetuar a comunicação entre o transmissor e o receptor, na Figura 18, frequência máxima e mínima coletadas do *datasheet*. Os dados técnicos externos como a refratividade, condutividade e a permissividade, são dados coletados automaticamente pelo aplicativo após a localização dos transceptores.

Figura 18 - Configuração dos parâmetro do Ponto a Ponto

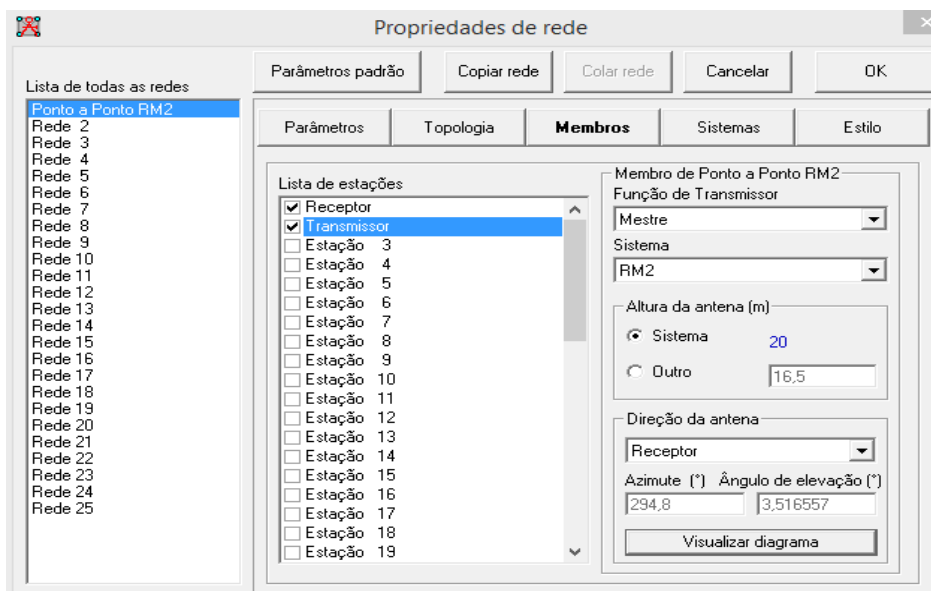
The screenshot shows the 'Propriedades de rede' dialog box with the 'Parâmetros' tab selected. On the left, a list of networks is shown, with 'Ponto a Ponto RM2' highlighted. The main configuration area includes the following fields and options:

- Nome da rede:** Ponto a Ponto RM2
- Frequência mínima (MHz):** 2402
- Máxima frequência (MHz):** 2462
- Refratividade da superfície (N-Units):** 301
- Condutividade do solo (S/m):** 0,005
- Permissividade média do solo:** 15
- Polarização:**
  - Vertical
  - Horizontal
- Modo estatístico:**
  - Ponto (% de tempo: 50)
  - Acidental (% de locais: 50)
  - Móvel (% de situações: 70)
  - Radiodifusão
- Clima:**
  - Equatorial
  - Sub-tropical continental
  - Sub-tropical marítimo
  - Deserto
  - Temperado continental
  - Temperado marítimo sobre a terra
  - Temperado marítimo sobre o mar

Fonte: Rádio Mobile

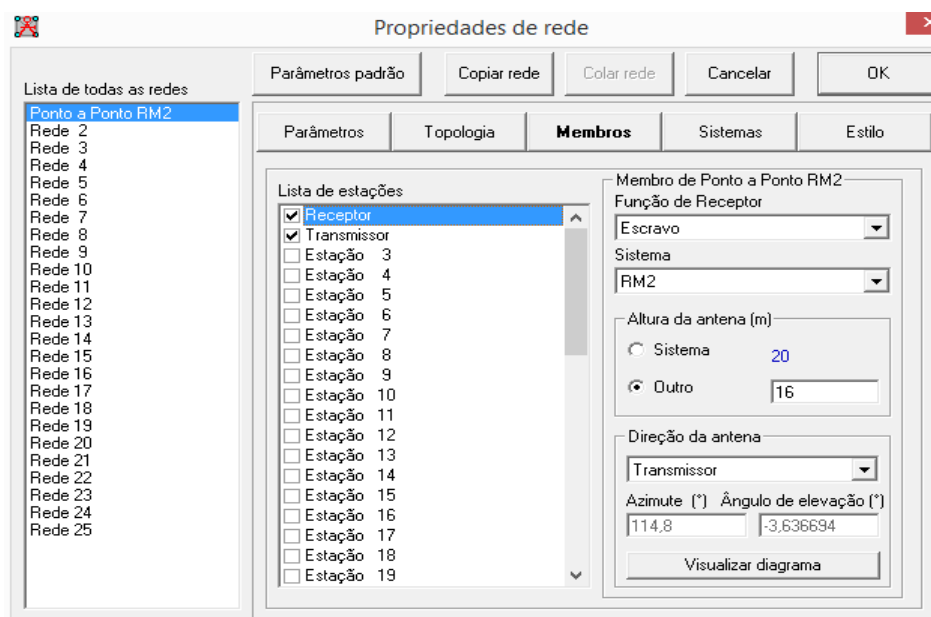
Em seguida são configuradas as antenas dos membros da rede, na Figura 19 e 20, direcionando o receptor para o transmissor, após o direcionamento, o aplicativo dará o alinhamento correto das duas antenas para as instalações, com o Azimute como referência do norte geográfico da terra sendo referência horizontal, e o ângulo de elevação sendo referência vertical, são dados de orientações que o aplicativo fornece para direcionar as antenas de forma correta se houver execução do projeto.

Figura 19 - Configuração do transmissor no Ponto a Ponto



Fonte: Rádio Mobile

Figura 20 - Configuração do receptor no Ponto a Ponto

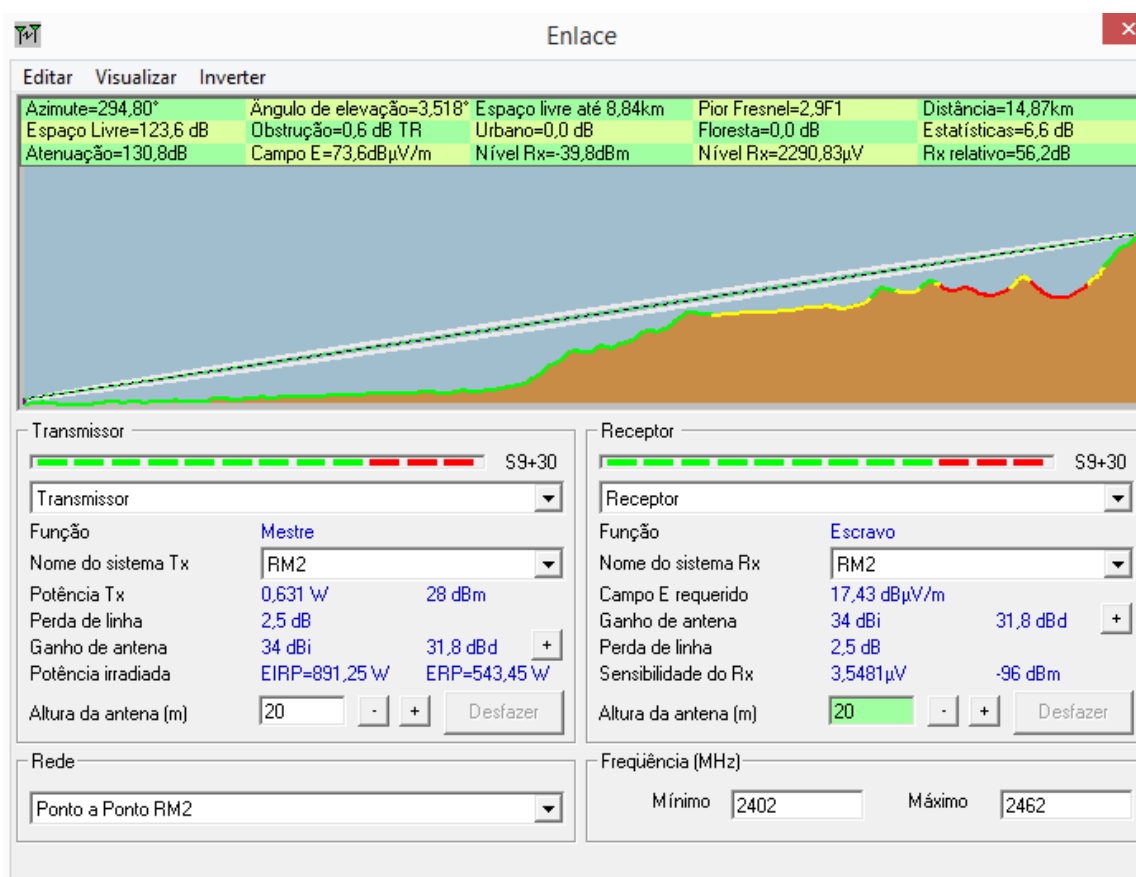


Fonte: Rádio Mobile

Após todo procedimento anterior, pode-se realizar a simulação, obtida na Figura 21, utiliza-se torres com 20 metros de altura, tanto para o receptor como para o transmissor, obteve-se uma sensibilidade relativa de recepção (Nível Rx) de -39,8 dBm, podendo assim ter uma excelente comunicação, pois a sensibilidade mínima do equipamento é de -96 dBm, caso o valor de sensibilidade relativa de recepção seja menor do que estipulado pelo equipamento, não será possível a comunicação.

A pior zona de Fresnel obtida corresponde a 2,9F1, ou seja, significa dizer que está existindo somente uma obstrução de 10% na terceira zona, ficando livre a primeira e segunda, entretanto como não existe nenhuma obstrução na principal (primeira) Zona de Fresnel, pode-se afirmar que não existirá risco de comunicação dos transceptores pelo canal. Em grande parte dos sistemas via rádio existe algumas perdas como cabo, cavidades e conectores estipulado em 2,5 dB na simulação.

Figura 21 - Simulação do enlace



Fonte: Rádio Mobile

O equipamento utilizado na simulação tem padrões de modulações 802.11g e 802.11n, dependendo da variância de potência, o sistema auto identificará o tipo de modulação a ser utilizada no enlace. O método de transmissão é MIMO 2 x 2, que é

utilizado nesse rádio, garantindo um desempenho ótimo podendo chegar até 300 Mbps, muito utilizado por provedores.

Após a simulação, a Tabela 10, dará uma noção de qual padrão e velocidade de conexão terá na prática, através da potência do transmissor e a sensibilidade do receptor obtida na simulação, tendo assim visto que a potência foi de 28 dBm e sensibilidade de -39,8 dBm. Observa-se que a simulação se enquadrará MCS15 com o padrão 802.11n, pois a potência mínima que é requerida para se enquadrar é de 22 dBm e sensibilidade mínima de -75 dBm, e obteve-se dados superiores na simulação. Através da tabela 6, o esquema MCS15 pode obter uma taxa de dados de 130 Mbps à 300 Mbps.

**Tabela 10 – Especificações de potência do transmissor e receptor do Rocket M2.**

Padrão	Especificações de potência do transmissor			Especificações de potência do receptor		
	Taxa de dados	Potência Mínima	Tolerância	Taxa de dados	Sensibilidade Mínima	Tolerância
802.11g	1 - 24 Mbps	28 dBm	± 2 dB	1 - 24 Mbps	-97 dBm	± 2 dB
	36 Mbps	26 dBm	± 2 dB	36 Mbps	-80 dBm	± 2 dB
	48 Mbps	25 dBm	± 2 dB	48 Mbps	-77 dBm	± 2 dB
	54 Mbps	24 dBm	± 2 dB	54 Mbps	-75 dBm	± 2 dB
802.11n	MCS0	28 dBm	± 2 dB	MCS0	-96 dBm	± 2 dB
	MCS1	28 dBm	± 2 dB	MCS1	-95 dBm	± 2 dB
	MCS2	28 dBm	± 2 dB	MCS2	-92 dBm	± 2 dB
	MCS3	28 dBm	± 2 dB	MCS3	-90 dBm	± 2 dB
	MCS4	27 dBm	± 2 dB	MCS4	-86 dBm	± 2 dB
	MCS5	25 dBm	± 2 dB	MCS5	-83 dBm	± 2 dB
	MCS6	23 dBm	± 2 dB	MCS6	-77 dBm	± 2 dB
	MCS7	22 dBm	± 2 dB	MCS7	-74 dBm	± 2 dB
	MCS8	28 dBm	± 2 dB	MCS8	-95 dBm	± 2 dB
	MCS9	28 dBm	± 2 dB	MCS9	-93 dBm	± 2 dB
	MCS10	28 dBm	± 2 dB	MCS10	-90 dBm	± 2 dB
	MCS11	28 dBm	± 2 dB	MCS11	-87 dBm	± 2 dB
	MCS12	27 dBm	± 2 dB	MCS12	-84 dBm	± 2 dB
	MCS13	25 dBm	± 2 dB	MCS13	-79 dBm	± 2 dB
	MCS14	23 dBm	± 2 dB	MCS14	-78 dBm	± 2 dB
MCS15	22 dBm	± 2 dB	MCS15	-75 dBm	± 2 dB	

Fonte: [https://dl.ubnt.com/datasheets/rocketm/RocketM\\_DS.pdf](https://dl.ubnt.com/datasheets/rocketm/RocketM_DS.pdf)



### 3.4. Custo para execução do projeto

Custo estimado na Tabela 11, tem como base um valor médio nas pesquisas feitas na internet, pois existe várias fornecedores, o custo do terreno não foi levado em consideração, pois é um valor negociado com o proprietário.

**Tabela 11 - Orçamento para execução do projeto**

<b>Equipamentos</b>	<b>Rocket M2</b>
<b>Valor do Rádio</b>	<b>2 x 400,00</b>
<b>Antena externa (34 dBi)</b>	<b>2 x 1.700,00</b>
<b>Outros Serviços</b>	<b>2 x 1.000,00</b>
<b>Torre</b>	<b>2 x 4.000,00</b>
<b>Total</b>	<b>14.200,00</b>

Fonte: Produzida pelo autor

## 4. Avaliação do Projeto Prático

### 4.1. Enlace prático usando bullet 2 de 2.4 GHz

Esta seção apresenta os equipamentos necessários para realizar o enlace prático na cidade de Meruoca. Apresentara não somente as características técnicas de tais equipamentos, mas também a suas configurações internas juntamente com a verificação da comunicação.

### 4.2. Características do bullet 2 de 2.4 GHz

O uso do rádio *bullet 2* torna-se interessante no trabalho uma vez que o mesmo apresenta um ótimo custo benefício, pois o preço médio do rádio é 350 reais e apresenta características necessárias para realização de um enlace de qualidade, tais como:

**Tabela 12 – Características do bullet 2**

Item	Características
Processador	Atheros MIPS 4KC, 180MHz
Memória	16MB SDRAM, 4MB Flash;
Interface	1x10/100 Base-TX (Cat. 5, RJ-45) Ethernet
Cobertura	até 50 km
Conector RF	Integrado Tipo-N Macho
Peso	0.18kg
Medidas	15.2(C) x 3.1(H) x 3.7(L) cm
Potência de Consumo Máximo	4 Watts
Potência de Saída	20 dBm
Temperatura de Operação	-20°C a 70°C

Fonte: Produzida pelo autor

Figura 22 - Bullet 2 de 2.4 GHz



Fonte: Site da Ubiquiti

Para alimentação do *bullet 2* é necessário uma fonte de alimentação na qual apresenta duas entradas. Uma entrada denominada POE (*Power Over Ethernet*), no qual permite a transmissão de energia juntamente com os dados, e outra entrada responsável apenas pelos dados de transmitidos ou recebidos. As duas entradas da fonte são conectadas por cabos UTP RJ45 par trançado.

Figura 23 - Fonte para o Bullet M2 de 2.4 GHz



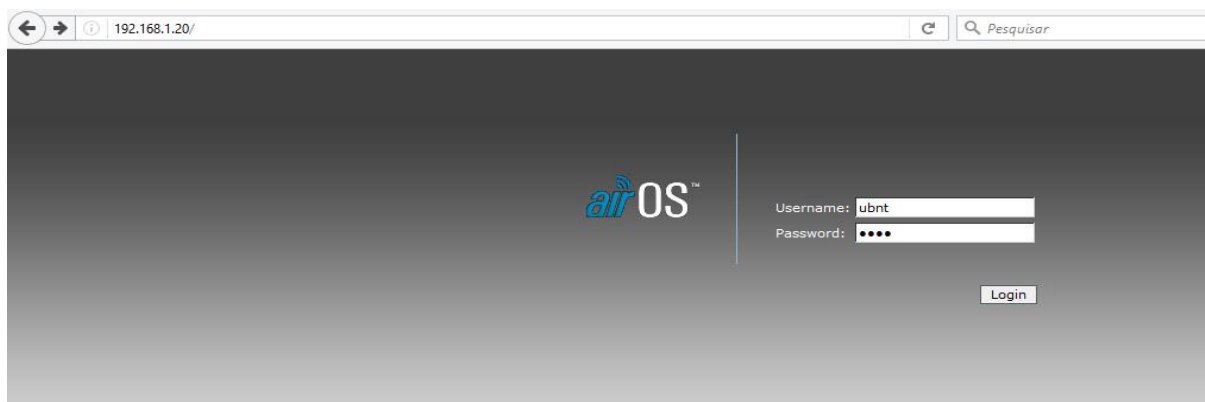
Fonte: Site da Ubiquiti

### 4.3. Configurando os rádios

Realizar a configuração dos rádios é uma etapa de suma importância, pois com uma parametrização adequada é possível de fato realizar o enlace prático de maneira eficiente. Erros de parametrização podem ocasionar tanto problemas na camada física (i.e. potência de transmissão inadequada e interferência elevada) como na camada de rede (i.e. distribuição errada de endereços IP). Os rádios *bullet 2* possuem IP de fábrica com numeração 192.168.1.20, para acessar o rádio é necessário realizar uma

cadeia de etapa tais como: primeiramente colocar o IP no endereço do navegador depois de conectado o rádio no computador, após o acesso é preciso de um *login* e uma senha fornecendo a permissão de parametrizar o equipamento. Esse primeiro passo pode ser observado na Figura 24.

Figura 24 - Login, senha e IP para acessar o rádio



Fonte: Interface do bullet 2

Após o *login* é possível realizar a distribuição dos IPs e configurar o transmissor, denominado de *master*. Os passos de parametrização e configuração do *master* são apresentados abaixo;

1. Os dados de acesso não foram alterados;
2. Modificação do modo wireless para **Estação** (*Station WDS*);
3. Rede identificada como **Ponto de acesso**;
4. Escolha dos padrões **B** e **G**;
5. Largura de banda parametrizada em **20 MHz**;
6. Potência de transmissão **20 dBm**;
7. Modo de segurança **WPA2**.

A figura 25 apresenta a tela de parametrização do equipamento, onde é possível notar que o campo de ganho da antena é definido como zero, uma vez que, a utilização de uma antena neste enlace específico torna-se opcional, pois a distância entre transmissor e receptor é apenas de alguns metros.

Figura 25 - Configuração do transmissor

The screenshot displays the 'BASIC WIRELESS SETTINGS' section of the Bullet 2 web interface. The 'Wireless Mode' is set to 'Station WDS'. The 'ESSID' is 'Ponto de acesso'. The 'Country Code' is 'COMPLIANCE TEST'. The 'IEEE 802.11 Mode' is 'B/G mixed'. The 'Channel Spectrum Width' is '20MHz' with a 'Max Datarate' of '54Mbps'. 'Channel Shifting' is 'Disabled'. 'Channel Scan List' is 'Enabled'. 'Antenna Gain' is '0 dBi' and 'Cable Loss' is '0 dB'. 'Output Power' is '20 dBm'. 'Data Rate, Mbps' is '54' with 'Auto' checked. The 'WIRELESS SECURITY' section shows 'Security' as 'WPA2-AES', 'Authentication Type' as 'Open', 'WEP Key Length' as '64 bit', 'Key Type' as 'HEX', and 'Key Index' as '1'. 'WPA Authentication' is set to 'PSK', 'EAP-TTLS', and 'MSCHAPV2'. The 'WPA Preshared Key' is 'iranjunior'.

Fonte: Interface do bullet 2

Ao passo de finalizar o enlace, torna-se necessário a parametrização do receptor, descrito abaixo:

1. IP de acesso definido como **192.168.1.22**, evitando conflito com **master**;
2. Modificação do modo wireless para **Ponto de Acesso** (Access Point **WDS**);
3. Rede identificada como **Ponto de acesso**;
4. Escolha dos padrões **B e G**;
5. Largura de banda parametrizada em **20 MHz**;
6. Potência de transmissão **20 dBm**;
7. Modo de segurança **WPA2**.

Os passos descritos acima referente ao receptor são ilustrados pelas Figuras 26 e 27. Verifica-se a não utilização de antena no receptor e a mudança do endereço IP evitando possíveis conflitos na comunicação.

Figura 26 - Configuração do receptor

The screenshot displays the configuration interface for a BULLET 2 device running airOS. The 'WIRELESS' tab is selected, and the 'BASIC WIRELESS SETTINGS' section is visible. The 'Wireless Mode' is set to 'Access Point WDS' with an 'Auto' checkbox. Below this, there are three input fields for 'WDS Peers'. The 'SSID' is 'Ponto de acesso' and the 'Hide SSID' checkbox is unchecked. The 'Country Code' is 'COMPLIANCE TEST' with a 'Change...' button. The 'IEEE 802.11 Mode' is 'B/G mixed'. The 'Channel Spectrum Width' is '20MHz' with a 'Max Datarate: 54Mbps' label. The 'Channel Shifting' is 'Disabled'. The 'Channel' is '0 - 2407 MHz'. The 'Antenna Gain' is '0 dBi' and the 'Cable Loss' is '0 dB'. The 'Output Power' is shown as a slider and '20 dBm'. The 'Data Rate, Mbps' is '54' with an 'Auto' checkbox checked. The 'WIRELESS SECURITY' section shows 'Security' set to 'WPA2-AES', 'Authentication Type' set to 'Open', 'WEP Key Length' set to '64 bit', 'Key Type' set to 'HEX', 'Key Index' set to '1', 'WEP Key' field, and 'WPA Preshared Key' set to 'iranjunior'.

Fonte: Interface do bullet 2

Figura 27 - Mudança do IP de acesso do receptor

The screenshot displays the configuration interface for a BULLET 2 device running airOS. The 'NETWORK' tab is selected, and the 'NETWORK SETTINGS' section is visible. The 'Network Mode' is 'Bridge' and 'Disable Network' is 'None'. Under 'Bridge IP Address', 'DHCP' is unchecked and 'Static' is checked. The 'IP Address' is '192.168.1.22', 'Netmask' is '255.255.255.0', 'Gateway IP' is '192.168.1.1', 'Primary DNS IP' is '8.8.4.4', 'Secondary DNS IP' is empty, and 'DHCP Fallback IP' is '192.168.1.20'. The 'Spanning Tree Protocol' checkbox is unchecked. On the right, 'Auto IP Aliasing' is checked and the 'IP Aliases' button is labeled 'Configure...'.

Fonte: Interface do bullet 2

#### 4.4. Comunicação dos rádios

Após a configuração dos rádios é necessário verificar a comunicação entre os mesmos. Como os dois rádios estão parametrizados e protegidos, a comunicação via rádio de frequência de 2.4 GHz pode ser verificada.

Após as configurações dos rádios, foi acoplado nos rádios antenas direcionais com ganhos de 12dBi, o ganho é detectado pelo rádio após a comunicação, no momento que o rádio é interrompida a comunicação com o transmissor ou receptor, fixou a antena do transmissor e foi direcionado a antena do receptor para o transmissor, e também foi alimentado os rádios com energia, e esperou-se a comunicação, que logo aconteceu, pois o dispositivo possui leds que mostra o nível do sinal. Acessa-se a estação para colher os dados do enlace como veremos na Figura 28, observa-se as seguintes características desse enlace na Tabela 13:

**Tabela 13 – Descrição das informações na figura 28.**

Informação	Descrição
Base Station SSID	Um nome que se dar ao sistema a ser configurado (Ponto de acesso)
Signal Strength	Sensibilidade do receptor (-21 dBm)
Tx Rate	Taxa de transferência máxima (54 Mbps)
Security	Tipo de segurança (WPA2)
Transmit CCQ	Nível de modulação do ponto a ponto (100%)
Noise Floor	Ruído no enlace (-94 dBm)

Fonte: Fonte produzida pelo autor

Figura 28 - Dados do enlace, colhidos do transmissor

The screenshot shows the 'STATUS' page of the Bullet 2 web interface. The interface is organized into two columns of parameters, each with a label and a corresponding value or control element. The parameters include Base Station SSID (Ponto de acesso), Signal Strength (-21 dBm), AirMax Quality (- %), TX Rate (54 Mbps), Frequency (2312 MHz), Antenna (Main), Security (WPA2), Transmit CCQ (100%), Uptime (00:01:40), LAN Cable (ON), LAN MAC (00:27:22:8F:10:ED), WLAN MAC (00:27:22:8E:10:ED), AP MAC (00:27:22:9C:9E:09), AirMax (Disabled), AirMax Capacity (- %), RX Rate (1 Mbps), Channel (237), Noise Floor (-94 dBm), ACK Timeout (30), QoS Status (No QoS), Date (2011-08-23 17:32:33), Host Name (UBNT), LAN IP Address (192.168.1.21), and WLAN IP Address (192.168.1.21). A 'Refresh' button is located at the bottom right of the status area.

Fonte: Interface do bullet 2

Após a comunicação é fácil observar que a sensibilidade é de -21 dBm, e o transmissor foi configurado para trabalhar com 20 dBm de potência de transmissão,

analisando a Tabela 14, o sistema se enquadra no padrão 802.11g com uma taxa de dados de 54 Mbps, que requer uma potência mínima de 15 dBm e uma sensibilidade mínima -72 dBm.

**Tabela 14 – Especificações de potência do transmissor e receptor do *bullet 2*.**

Padrão	Especificações de potência do transmissor			Especificações de potência do receptor		
	Taxa de dados	Potência Mínima	Tolerância	Taxa de dados	Sensibilidade Mínima	Tolerância
802.11b	1 Mbps	20 dBm	± 1 dB	1 Mbps	-95 dBm	± 1 dB
	2 Mbps	20 dBm	± 1 dB	2 Mbps	-94 dBm	± 1 dB
	5.5 Mbps	20 dBm	± 1 dB	5.5 Mbps	-93 dBm	± 1 dB
	11 Mbps	20 dBm	± 1 dB	11 Mbps	-90 dBm	± 1 dB
802.11g	6 Mbps	20 dBm	± 1 dB	6 Mbps	-92 dBm	± 1 dB
	9 Mbps	20 dBm	± 1 dB	9 Mbps	-91 dBm	± 1 dB
	12 Mbps	20 dBm	± 1 dB	12 Mbps	-89 dBm	± 1 dB
	18 Mbps	20 dBm	± 1 dB	18 Mbps	-88 dBm	± 1 dB
	24 Mbps	20 dBm	± 1 dB	24 Mbps	-84 dBm	± 1 dB
	36 Mbps	18 dBm	± 1 dB	36 Mbps	-81 dBm	± 1 dB
	48 Mbps	16 dBm	± 1 dB	48 Mbps	-75 dBm	± 1 dB
	54 Mbps	15 dBm	± 1 dB	54 Mbps	-72 dBm	± 1 dB

Fonte: [https://dl.ubnt.com/b2\\_datasheet.pdf](https://dl.ubnt.com/b2_datasheet.pdf)

A verificação da comunicação foi realizada através do *prompt* de comando, utilizando a ferramenta *ping*. O *ping* fornecerá o tempo que o receptor leva para responder ao sinal do transmissor. O resultado da comunicação é ilustrado na Figura 29.

Figura 29 - Comunicação do enlace

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe - ping 192.168.1.22 -t
C:\Users\macavi78>ping 192.168.1.22 -t
Disparando 192.168.1.22 com 32 bytes de dados:
Resposta de 192.168.1.22: bytes=32 tempo=4ms TTL=64
Resposta de 192.168.1.22: bytes=32 tempo=3ms TTL=64
Resposta de 192.168.1.22: bytes=32 tempo=3ms TTL=64
Resposta de 192.168.1.22: bytes=32 tempo=3ms TTL=64
Resposta de 192.168.1.22: bytes=32 tempo=3ms TTL=64
Resposta de 192.168.1.22: bytes=32 tempo=2ms TTL=64
Resposta de 192.168.1.22: bytes=32 tempo=3ms TTL=64
Resposta de 192.168.1.22: bytes=32 tempo=2ms TTL=64
Resposta de 192.168.1.22: bytes=32 tempo=2ms TTL=64
Resposta de 192.168.1.22: bytes=32 tempo=2ms TTL=64
Resposta de 192.168.1.22: bytes=32 tempo=2ms TTL=64
Resposta de 192.168.1.22: bytes=32 tempo=2ms TTL=64
Resposta de 192.168.1.22: bytes=32 tempo=2ms TTL=64
Resposta de 192.168.1.22: bytes=32 tempo=3ms TTL=64
Resposta de 192.168.1.22: bytes=32 tempo=2ms TTL=64
Resposta de 192.168.1.22: bytes=32 tempo=2ms TTL=64
Resposta de 192.168.1.22: bytes=32 tempo=2ms TTL=64
Resposta de 192.168.1.22: bytes=32 tempo=2ms TTL=64
Resposta de 192.168.1.22: bytes=32 tempo=3ms TTL=64
Resposta de 192.168.1.22: bytes=32 tempo=3ms TTL=64

```

Fonte: prompt de comando



Analisando a figura 29, pode-se interpretar que o receptor está respondendo o transmissor dentro de um tempo médio de 3 milésimos de segundos, assegurando uma comunicação de rápido tempo de resposta entre as trocas de informação do transmissor para o receptor.

Onde foi realizado a prática não se tinha *link* para fazer o teste de velocidade, mais fica notório que o equipamento está disponível para transferir até 54 Mbps, a segurança dessa comunicação é muito boa, pois além do canal ter uma senha de conexão, o *bullet 2* também só consegue se conectar com um rádio.

A troca de dados entre os transceptores podem sofrer com os fatores ambientais imprevisíveis, como um pássaro na antena, chuva, e ventos muito forte, então na maioria das vezes instalam-se câmeras nas torres para monitorar a tempo real esses imprevistos.

## 5. Conclusão

Diante do que já foi apresentado, tem-se um enlace entre Sobral e Meruoca simulado, e um enlace prático, para o atender o consumidor final. O projeto é viável a ser executado, pois na simulação a Zona de Fresnel tem uma pequena obstrução na sua terceira camada não chegando obstruir a camada principal que é a primeira e a e a linha visada não tem nenhuma obstrução, tendo assim uma excelente comunicação estabelecida entre o transmissor e o receptor. Os dois pontos de comunicação tem um bom acesso, facilitando uma futura instalação e reparos.

Boa parte da zona rural de Meruoca tem a oportunidade de acesso à Internet, caso alguma empresa interessasse nesse projeto para venda de Internet nessa região. Os custos para a execução desse projeto é consideravelmente aceitável, tendo esse setor diversos equipamentos de fabricantes diferentes com vários preços. Dependendo do sistema que se desejar montar o custo de execução pode variar.

O projeto é de fundamental importância, não só para organização dos gastos, mais também para escolher um equipamento com as características necessárias de acordo com a demanda e necessidade, variando equipamento, variaremos também os custos. Quanto maior for a taxa de transferência, mais sofisticado será os equipamentos, a partir da demanda e das análises, saberá a necessidade real de gastos, evitando desperdícios.

Analisando a simulação em uma distância consideravelmente grande comparada com a análise prática, pode-se saber através das características dos equipamentos, como o enlace ficaria, se existe alguma obstrução do canal, e também as direções das antenas. As características podem ser alteradas de acordo com a mudança dos equipamentos que se deseja, pois cada equipamento tem suas características diferente.

## 6. Referências

ATALIBA. **Historia das telecomunicações**. Disponível em: <http://br-sysadmin.com/historia-das-telecomunicacoes/>

Acesso em: 12/09/17 22:02.

**Rádio Mobile Web Site**. Disponível em: < <http://www.ve2dbe.com/english1.html>>.

Acesso em: 20/09/17 21:00.

QUEIRÓZ, E. O Primo Basílio: 25. ed. Rio de Janeiro: Ediouro, 1878

TORRES, Gabriel. **Redes de computadores**. Rio de Janeiro: Gisella, 2001.

FABIO, Jordão. **Wireless ou cabo: qual é o melhor?**. Disponível em: < <https://www.tecmundo.com.br/conexao/23304-wireless-ou-cabo-qual-e-o-melhor-.htm>>.

Acesso em: 20/09/17 21:00.

CAMARGO; CORSINI. **Redes Wireless Indoor e Outdoor**. Disponível em: <

<https://jornada.ifsuldeminas.edu.br/index.php/jcmch2/jcmch2/paper/viewFile/1722/1202>>.

Acesso em: 16/09/17 8:00.

NASCIMENTO, Marcelo. **Acesso aos Meios em WLANs: CSMA/CA – CCNA**.

Disponível em: < <http://www.dltec.com.br/blog/cisco/acesso-aos-meios-em-wlans-csmaca-ccna/>>.

Acesso em: 18/09/17 5:00.

Bersot, Caio. **Roteador: entenda a diferença entre antena direcional e omnidirecional**. Disponível em:

<https://www.techtudo.com.br/noticias/2017/08/roteador-entenda-a-diferenca-entre-antena-direcional-e-omnidirecional.ghtml>>.

Acesso em: 28/09/17 16:00.

Centro de Produções Técnicas. **Comunicação wireless - Zona de Fresnel**.

Disponível em:<<https://www.cpt.com.br/cursos-informaticadesdecomputadores/artigos/comunicacao-wireless-zona-de-fresnel>>.

Acesso em: 29/09/17 18:00.

Ubiquiti. **Datasheet do Bullet 2**. Disponível em:<[https://dl.ubnt.com/b2\\_datasheet.pdf](https://dl.ubnt.com/b2_datasheet.pdf)>.

Acesso em: 16/10/17 8:00.

Ubiquiti. **Datasheet do Rocket m2.** Disponível em:<  
[https://dl.ubnt.com/datasheets/rocketm/RocketM\\_DS.pdf](https://dl.ubnt.com/datasheets/rocketm/RocketM_DS.pdf)>.

Acesso em: 14/10/17 8:00.

Tanenbaum, Andrew. **Redes de Computadores.** 4<sup>a</sup>.ed. Campus, 2003. 955 p. ISBN 8535211853.

Teleco. **Tutoriais de banda larga.** Disponível em:  
<[http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialwifimanaus2/pagina\\_3.asp](http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialwifimanaus2/pagina_3.asp)>.

Acesso em: 15/11/17 18:00.

JOSÉ, Carlos. **Fenômenos ondulatórios.** Disponível em:  
<<http://educacao.globo.com/fisica/assunto/ondas-e-luz/fenomenos-ondulatorios.html>>.

Acesso em: 17/11/17 19:00.

CORREA, Domiciano. **Refração de ondas.** Disponível em:  
<<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/refracao-ondas.htm>>.

Acesso em: 18/11/17 20:00.

Wikipédia. **Zona de Fresnel.** Disponível em:  
<[https://pt.wikipedia.org/wiki/Zona\\_de\\_Fresnel](https://pt.wikipedia.org/wiki/Zona_de_Fresnel)>.

Acesso em: 19/11/17 21:00.

JOÃO MOISÉS. **projeto de implantação de redes wireless em distâncias de 10 km, 20km e 50 km.** 2013. 56. Telecomunicação – Faculdade de Balsas – Balsas-MA.

EDUARDO E MARCELO. **Rádio Ponto-a-Ponto: Projeto de interligação de duas cidades.** Disponível em: < <http://www.teleco.com.br/pdfs/tutorialradiop2p.pdf>>.

Acesso em: 18/10/17 10:00.

GLAUCO. **Rádio enlaces para curtas distâncias utilizando o padrão IEEE 802.11b.** 2003. 74. Telecomunicação – Universidade Federal de Campina Grande – Campina Grande.

PIAU, D. B.; CARRIJO, G. A. **Projeto de Dimensionamento de Enlace de Rádio.** Ciência & Engenharia, v. 23, n. 2, p. 81 – 90, 2014. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/cieng/article/viewFile/27371/16559>. Acesso em; 05 Dez. 2017.