



Centro Universitário SENAI CIMATEC
Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica

CÁLCULO DE ENLACE DE RÁDIO PONTO A PONTO

**Cleber Couto Filho
Davi Costa**

Salvador-BA, 13 de julho de 2018

Cleber Couto Filho

Davi Costa

CÁLCULO DE ENLACE DE RÁDIO PONTO A PONTO

Relatório apresentado como requisito parcial para obtenção de aprovação na disciplina Introdução à Propagação e Antenas, no centro universitário SENAI CIMATEC.

Docente: Leonardo Vasconsellos

Orientadora: Ana Beatriz Martins Aguiar

Centro Universitário SENAI CIMATEC

Salvador-BA

13 de julho de 2018

Lista de ilustrações

Figura 1 – Ponto A	3
Figura 2 – Ponto B	3
Figura 3 – Gráfico de obstáculo	5
Figura 4 – Curvatura parabólica utilizada para aproximação	5
Figura 5 – Modelo da zona de <i>Fresnel</i>	6
Figura 6 – Gráfico de atenuação	7
Figura 7 – Dados de H_c	10
Figura 8 – Antena <i>Yagi AirMax Antenna 900Mhz</i>	11
Figura 9 – Variáveis do projeto	12

Introdução

Este relatório descreve o método utilizado para o projeto de um sistema de rádio enlace ponto a ponto, com base nos dois pontos fornecidos.

Segundo TUDE, o enlace de rádio pode ser definido como : "Uma aplicação da transmissão de informação por meio de ondas eletromagnéticas, se caracterizando como uma das aplicação que faz parte das Segundo Tude , “Um enlace rádio digital ponto a ponto é utilizado para o transporte de informação entre dois pontos fixos,tendo o espaço livre como meio de transmissão (wireless)”.[1]

Proposta

Projetar um sistema de rádio enlace ponto a ponto, entre os pontos mostrados nos mapas anexados.

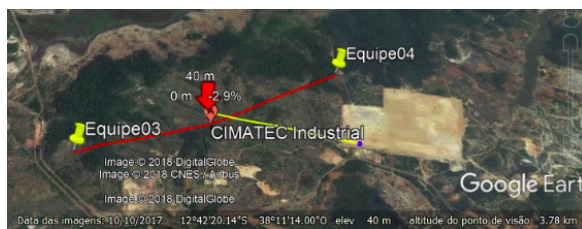


Figura 1 – Ponto A

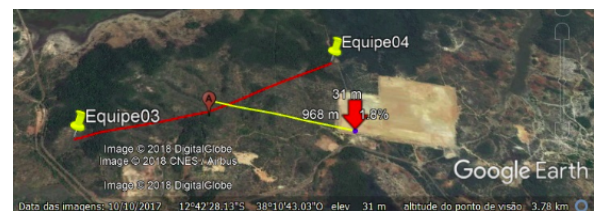


Figura 2 – Ponto B

Foi solicitado que sejam tomadas as seguintes decisões:

- Definir a frequência de operação;
- Calcular a Potência do Rádio Transmissor, Sensibilidade do Receptor e ganhos das Antenas, para o enlace fornecido;
- Definir solução a ser adotada com base em fornecedores comerciais reais (Ex: Intelbras, Ubiquiti, Tp Link, MikroTik, entre outros)

1 Metodologia

1.1 Escolha da frequência

A frequência foi escolhida com base no regulamento da Anatel. O mesmo estabelece que equipamentos de radiocomunicação com faixas restritas de: 902-907,5; 915-928; 2400-2483,5; 5725-5850 MHz, assim para os cálculos iniciais foi escolhida uma frequência de 920MHz.

1.2 Estudo do Obstáculo

O primeiro passo adotado foi a análise dos pontos, verificando se entre os dois existia algum obstáculo. Essa informação pode ser extraída dos mapas que foram fornecidos em anexo, como mostra a figura 3.



Figura 3 – Gráfico de obstáculo

Por meio da análise do gráfico, fica evidenciado que entre os dois pontos existe um grande obstáculo arredondado, assim sendo necessário calcular o seu raio de curvatura e a partir disso ver o quanto ele irá interferir na transmissão. É feita uma aproximação do topo do obstáculo, utilizando uma curvatura parabólica como mostrado na figura 4 ??.

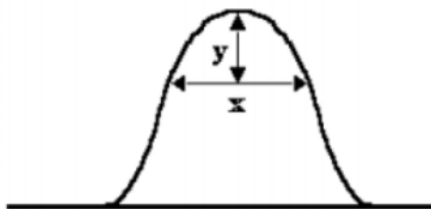


Figura 4 – Curvatura parabólica utilizada para aproximação

O raio r da parábola será calculado o α que possibilita encontrar quantos decibéis de interferência o obstáculo irá causar. O cálculo do raio r é feito utilizando a seguinte

formula:

$$r = \frac{x^2}{8y} * 10^{-3} \quad (1.1)$$

Onde x representa a distância em metros entre os dois pontos de igual nível, sendo um em cada lado do pico considerado e y representa a diferença de cota entre o pico do obstáculo e a curva de nível considerada para medida x .

1.3 Atenuação do Obstáculo

O cálculo do fator α relaciona a frequência f , o raio de curvatura da parábola r , a distância entre o vértice do obstáculo ao ponto de transmissão d_1 e a distância entre o vértice do obstáculo ao ponto de recepção d_2 , ambas em Km .

$$\alpha = 0,0818 \frac{1}{\sqrt[6]{f}} \sqrt[3]{r} \sqrt{\frac{d_1 + d_2}{d_1 * d_2}} \quad (1.2)$$

A atenuação é encontrada a partir de α e a relação entre os fatores H_c e r_f por meio do gráfico 6. Onde H_c representa a diferença entre ponto máximo do obstáculo e o nivelamento das antenas, enquanto r_f é chamado de raio de *fresnel*, sendo calculado com as mesmas distâncias d_1 e d_2 . A relação é encontrada como mostrado na figura 6.

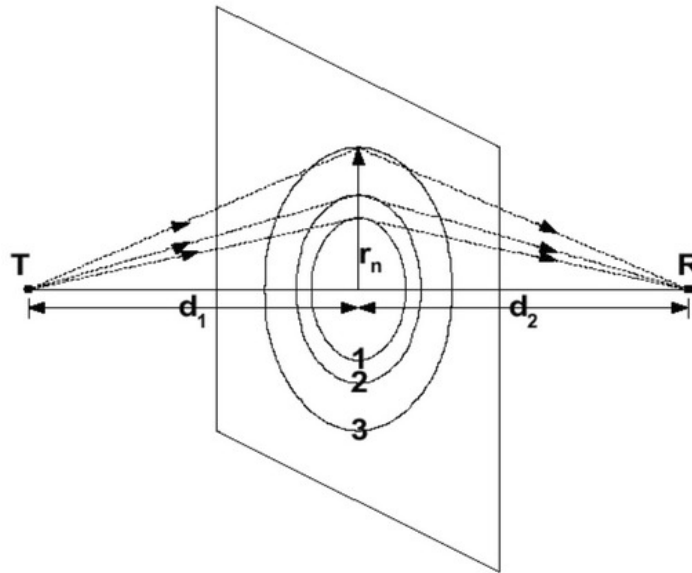


Figura 5 – Modelo da zona de *Fresnel*

O cálculo de r_f se dá por:

$$r_f = \sqrt{\frac{n\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}} \quad (1.3)$$

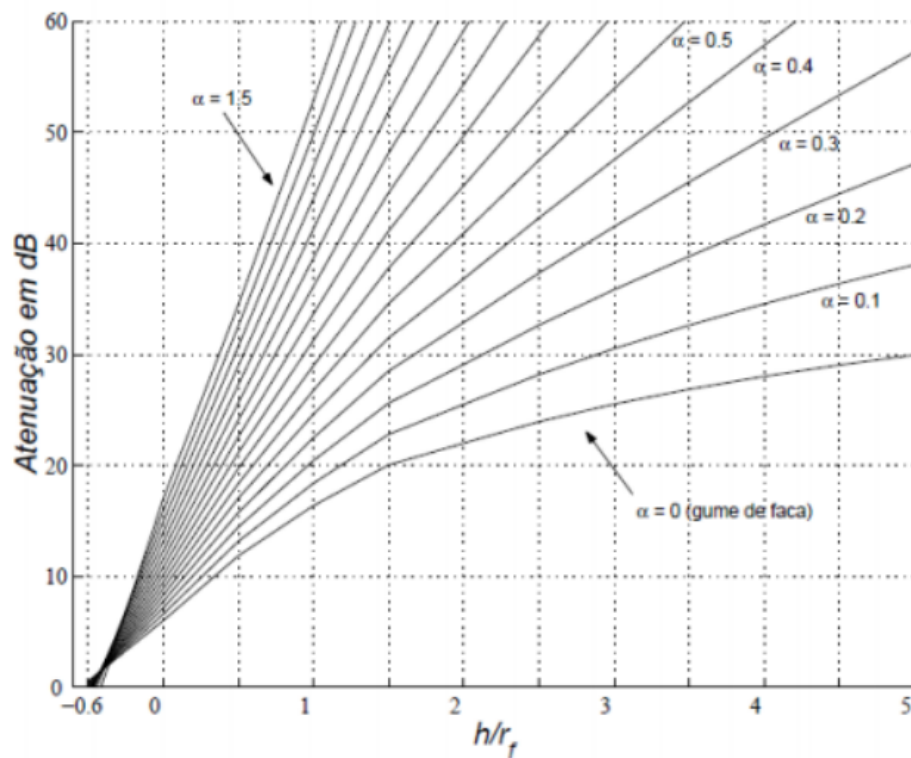


Figura 6 – Gráfico de atenuação

Rf	8,866
Hc	5
Hc/rf	0,563

1.4 Atenuação no espaço livre

O sinal também sofrerá atenuação ao ser transmitido no espaço livre, o cálculo da atenuação L se dá por meio da fórmula de *Fris*:

$$L = 32,45 + 20(\log_{10}(d_1 + d_2) + \log_{10} f) \quad (1.4)$$

1.5 Atenuação total

A atenuação total é a soma da atenuação no espaço livre com a atenuação do obstáculo, assim :

$$L_{tot} = L + L_{obstaculo} \quad (1.5)$$

2 Resultados

2.1 Dados de entrada

2.1.1 Dados Gerais

A altura escolhida para as torres foi de 0 e 9 para manter a linha de visada direta em paralelo com o chão e assim facilitando os cálculos e diminuindo os erros, os outros dados estão mostrados na tabela abaixo.

Distância Total (m)	0,96713
λ	$0,001086957 \times 10^{-6}$
Altura das torres	0/9

2.1.2 Dados dos Obstáculos

X	325
Y	7
d_1	0,475
d_2	0,49213

2.2 Memorial de Cálculo

2.2.1 Frequência

Não foi necessário calcular a frequência, o valor utilizado foi de 920MHz e sua escolha está justificada em [1.1](#).

2.2.2 Raio da Parábola

Com os valores de X e Y do obstáculo o valor encontrado para o raio da parábola foi de:

$$r_{parabola} = 1,886160714 \quad (2.1)$$

2.2.3 Atenuação do obstáculo

Com os valores de d_1 e d_2 o α encontrado teve valor de :

$$\alpha = 0,6703932617 \quad (2.2)$$

O parâmetro H_c foi encontrado por meio dos dados fornecidos, como mostrado na figura a seguir:

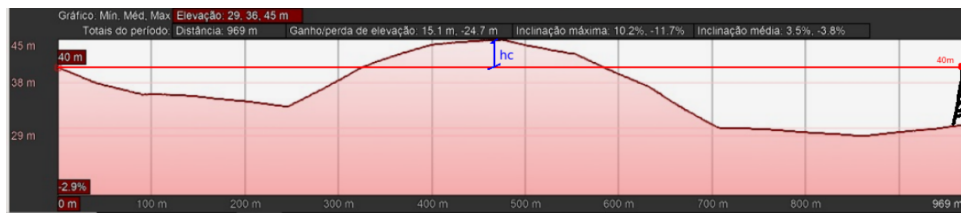


Figura 7 – Dados de H_c

O parâmetro r_f foi calculado por meio da equação de *Fresnel*, com o valor dos parâmetros a seguir, foi encontrado no gráfico o valor da atenuação do obstáculo.

r_f	8,866
H_c	5
$\frac{H_c}{r_f}$	0,563
$L_{obstaculo}$	22,5dB

2.2.4 Atenuação no Espaço livre

Com os valores de d_1 , d_2 e f conhecidos o valor encontrado para L foi:

$$L = 91,43dB \quad (2.3)$$

2.2.5 Atenuação total

A atenuação total consiste nas soma das atenuação encontradas, logo:

$$L_{tot} = L + L_{obstaculo} = 91,43 + 22,5 = 113,9dB \quad (2.4)$$

2.3 Escolha do transmissor e da antena

A escolha dos módulos e da antena se deu baseado na frequência escolhida para os cálculos e na versatilidade de cada dispositivo.

O modelo das antenas foi o *Yagi(AirMax Antenna 900Mhz)*, devido a sua faixa de trabalho e alta potência.

O modelo do transmissor foi o *Ubiquiti Networks(Rocket M9)* pot ser recomendado para trabalhar em conjunto com o modelo de antena *Yagi*.

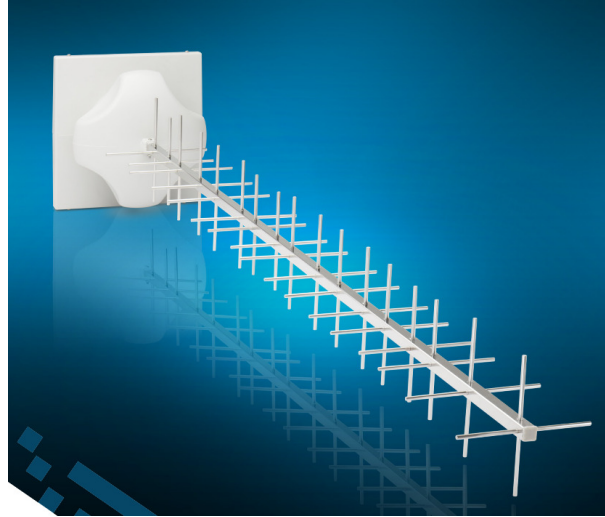


Figura 8 – Antena Yagi AirMax Antenna 900Mhz

Fonte: Ubiquiti Networks

2.4 Receptor

Escolha do receptor é encontrado à partir das potências das antenas, do módulo transmissor e das perdas durante a transmissão. Sua potência foi calculada da seguinte forma:

$$P_{receptor} = P_{antena_{tx}} + P_{antena_{rx}} + P_{transmissor} - L_{tot} \quad (2.5)$$

A mesma antena utilizada para transmissão é utilizada para recepção, os dados da sua potência estão disponíveis no seu *datasheet* onde $P_{antena_{tx}} = P_{antena_{rx}} = 19dB_i$. A potência do transmissor também está disponível no *datasheet*, onde $P_{transmissor} = 28dBm$. O valor encontrado para potência do receptor foi de $P_{receptor} = -47.9dB_i$

Com o valor de $-47.9dB_i$, o módulo *Ubiquiti Networks(Rocket M9)* também poderá ser utilizado para recepção, tornando o sistema mais simplificado já que ambos receptores e transmissores estarão utilizando antenas recomendadas no *datasheet*.

Variáveis do projeto

Todos os valores utilizados e calculados estão registrados na figura a seguir:

Localização A			Escolha da antena	
Latitude	12° 42' 20.14" S			
Longitude	38° 11' 14" O		Transmissor	
Elevação (m)	40		Modelo	Yagi airMAX
Localização B			potencia dBi	19
Latitude	12° 42' 28.13" S			
Longitude	38° 10' 43.03" O		Receptor	
Elevação (m)	31		Modelo	Yagi airMAX
Distancia D (m)	0,96713		potencia dBi	19
Torre A (m)	0			
Torre B (m)	9		Modulo	
Frequencia	920			
			Transmissor	
X obstaculo (m)	325		Modelo	m900 rocket
Y obstaculo (m)	7		potencia dBm	28
R Obstáculo	1,886160714			
D1 (km)	0,475		RECEPTOR	
D2 (km)	0,49213		Modelo	m9 rocket
alfa	0,6703932617		potencia dBm	-47,93545365
Rf	8,866203803			
Altura visada direta (m)	40			
Altura obstaculo (m)	45			
Hc (m)	5			
h/rf	0,5639392135			
Atuaçãoção Obstaculo	22,5			
Atenuação espaço livre	91,43545365			
Atenuação total (db)	113,9354536			

Figura 9 – Variáveis do projeto

Referências

- [1] TUDE, Eduardo. Enlace rádio digital ponto a ponto. 2004.