



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, 12 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

12 de julho de 2018

# Lista de ilustrações

Figura 1 – Ponto A . . . . .	1
Figura 2 – Ponto B . . . . .	1
Figura 3 – Gráfico de obstáculo . . . . .	3
Figura 4 – Curvatura parabólica utilizada para aproximação . . . . .	3
Figura 5 – Gráfico de atenuação . . . . .	4
Figura 6 – Gráfico de atenuação . . . . .	5

## Lista de tabelas



# Lista de símbolos

$\Gamma$	Letra grega Gama
$\Lambda$	Lambda
$\zeta$	Letra grega minúscula zeta
$\in$	Pertence





# Sumário

	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>DESENVOLVIMENTO</b>	<b>3</b>
1.1	Escolha da frequência	3
1.2	Estudo do Obstáculo	3
1.3	Atenuação do Obstáculo	4
1.4	Atenuação no espaço livre	5
<b>2</b>	<b>CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS</b>	<b>7</b>
2.1	Trabalhos Futuros	7



# 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

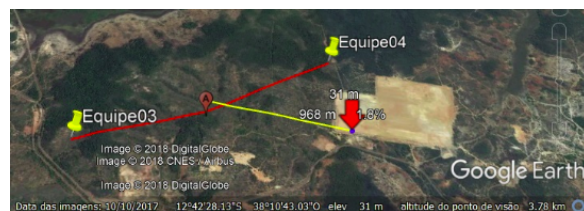


Figura 2 – Ponto B

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 Desenvolvimento

## 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 ??.

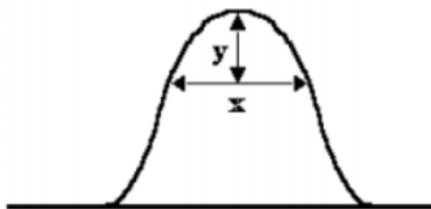


Figura 4 – Curvatura parabólica utilizada para aproximação

O raio  $r$  da parábola será calculado o  $\alpha$  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  $\alpha$  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 com o  $\alpha$  e a relação entre os fatores  $H_c$  e  $r_f$  por meio do gráfico 5 ??.

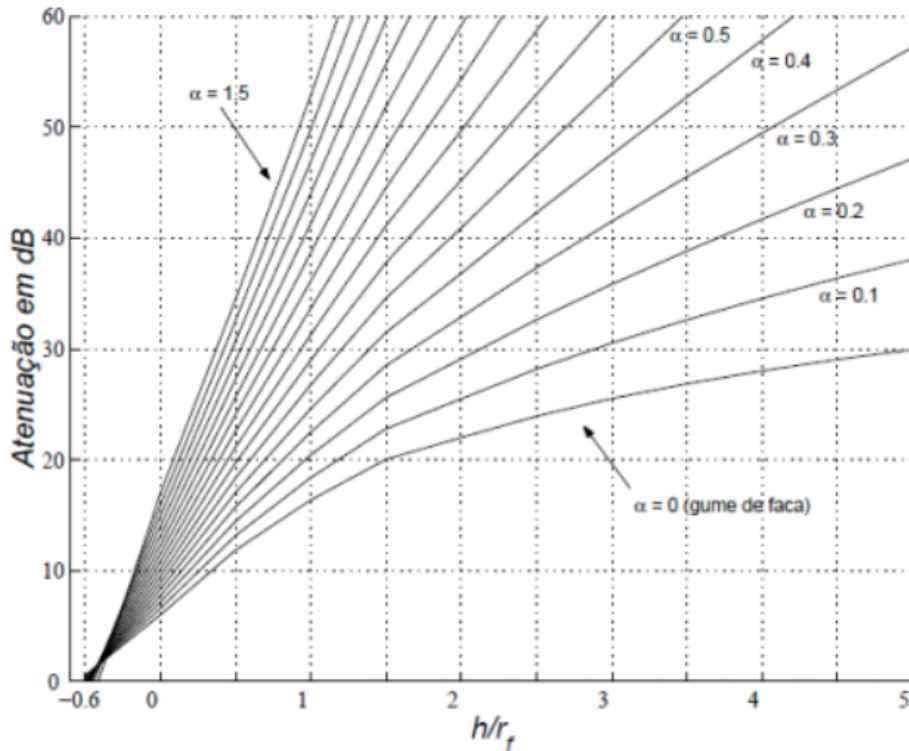
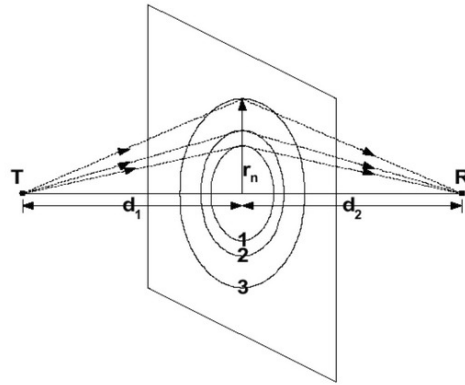


Figura 5 – Gráfico de atenuação

$H_c$  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 6 – Modelo da zona de *Fresnel*

O cálculo de  $r_f$  se dá por:

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

Onde o valor de  $n$  foi fornecido como sendo igual a 1.

## 1.4 Atenuação no espaço livre

O sinal também sofrerá atenuação ao ser transmitido no espaço livre, o cálculo da atenuação  $L$  se deu pela seguinte equação:

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





## 2 Conclusão e Trabalhos Futuros

Fusce vehicula, tortor et gravida porttitor, metus nibh congue lorem, ut tempus purus mauris a pede. Integer tincidunt orci sit amet turpis. Aenean a metus. Aliquam vestibulum lobortis felis. Donec gravida. Sed sed urna. Mauris et orci. Integer ultrices feugiat ligula. Sed dignissim nibh a massa. Donec orci dui, tempor sed, tincidunt nonummy, viverra sit amet, turpis. Quisque lobortis. Proin venenatis tortor nec wisi. Vestibulum placerat. In hac habitasse platea dictumst. Aliquam porta mi quis risus. Donec sagittis luctus diam. Nam ipsum elit, imperdiet vitae, faucibus nec, fringilla eget, leo. Etiam quis dolor in sapien porttitor imperdiet.

Cras pretium. Nulla malesuada ipsum ut libero. Suspendisse gravida hendrerit tellus. Maecenas quis lacus. Morbi fringilla. Vestibulum odio turpis, tempor vitae, scelerisque a, dictum non, massa. Praesent erat felis, porta sit amet, condimentum sit amet, placerat et, turpis. Praesent placerat lacus a enim. Vestibulum non eros. Ut congue. Donec tristique varius tortor. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Nam dictum dictum urna.

Phasellus vestibulum orci vel mauris. Fusce quam leo, adipiscing ac, pulvinar eget, molestie sit amet, erat. Sed diam. Suspendisse eros leo, tempus eget, dapibus sit amet, tempus eu, arcu. Vestibulum wisi metus, dapibus vel, luctus sit amet, condimentum quis, leo. Suspendisse molestie. Duis in ante. Ut sodales sem sit amet mauris. Suspendisse ornare pretium orci. Fusce tristique enim eget mi. Vestibulum eros elit, gravida ac, pharetra sed, lobortis in, massa. Proin at dolor. Duis accumsan accumsan pede. Nullam blandit elit in magna lacinia hendrerit. Ut nonummy luctus eros. Fusce eget tortor.

### 2.1 Trabalhos Futuros

Ut sit amet magna. Cras a ligula eu urna dignissim viverra. Nullam tempor leo porta ipsum. Praesent purus. Nullam consequat. Mauris dictum sagittis dui. Vestibulum sollicitudin consectetur wisi. In sit amet diam. Nullam malesuada pharetra risus. Proin lacus arcu, eleifend sed, vehicula at, congue sit amet, sem. Sed sagittis pede a nisl. Sed tincidunt odio a pede. Sed dui. Nam eu enim. Aliquam sagittis lacus eget libero. Pellentesque diam sem, sagittis molestie, tristique et, fermentum ornare, nibh. Nulla et tellus non felis imperdiet mattis. Aliquam erat volutpat.

## Referências

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