



**Instituto Tecnológico de Aeronáutica**

# **Aplicativo para cálculo de Link de comunicações**

André Marcello Soto Riva Figueira  
Daniel Prince Cerneiro  
Dylan N. Sugimoto  
Gabriel Adriano de Melo

São José dos Campos  
12/07/2017

## Introdução

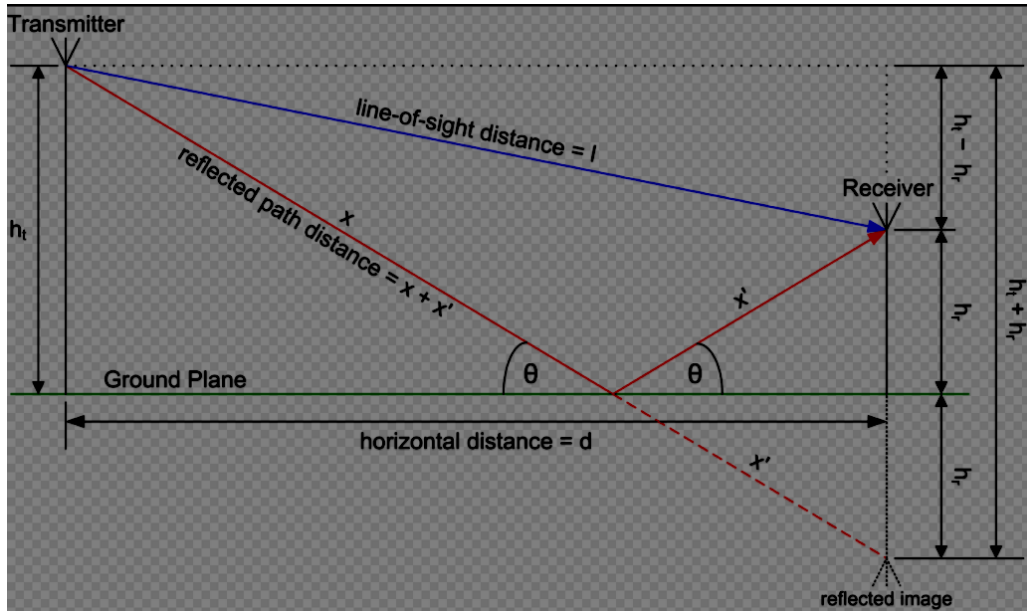
A proposta desse trabalho é fornecer um aplicativo web que a partir de alguns parâmetros sobre um link de comunicação responde se esse link é viável ou não, e que possui uma interface amigável com o usuário. Para isso, considerou-se como parâmetro de viabilidade do link um limiar de potência recebida, ou seja, para um link de comunicação ser viável é preciso que a potência recebida, que é calculada a partir de outros parâmetros fornecidos pelo usuário e utilizando o modelo de “Linha de Visada Direta”, ou o modelo “Reflexão de dois raios” ou o modelo “Difração em gume de faca”, seja maior que o limiar de potência fornecido pelo usuário.

Como citado anteriormente, o aplicativo desse trabalho considera três possíveis modelos para cálculo da potência recebida por antena. O primeiro modelo é o modelo da “Linha de Visada Direta” que considera que não há obstáculo no caminho direto da antena transmissora e a antena receptora e que desconsidera o efeito de possíveis raios refletidos que cheguem na antena receptora, ou simplesmente considera que não há raios refletidos chegando em qualquer uma das antenas. Esse modelo é a abordagem mais simples e que dá a base para o cálculo da potência recebida por uma antena por meio da fórmula de Friis (1).

$$P_r(d) = P_T \left( \frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 \frac{G_T G_R}{L},$$

em que  $P_r$  é a potência recebida,  $P_T$  é a potência transmitida,  $\lambda$  é o comprimento de onda,  $d$  é a distância entre as antenas,  $G_T$  é o ganho da antena transmissora,  $G_R$  é o ganho da antena receptora e  $L$  são as perdas devido ao meio dissipativo.

O segundo modelo é o modelo da “Reflexão de dois raios”, que considera o efeito da interferência de um raio refletido na recepção de um raio direto, conforme se observa na Figura 1.



**Figura 1:** ilustração contexto do modelo “Reflexão de dois raios”.

Nesse modelo, as antenas podem ter alturas diferentes e a potência recebida cai com a quarta potência da distância entre as antenas, conforme a equação 2.

$$P_r(d) = P_T G_{i_T} G_{i_R} \frac{h_T^2 h_R^2}{d^4} (2),$$

em que  $P_r$  é a potência recebida,  $P_T$  é a potência transmitida,  $d$  é a distância entre as antenas,  $G_{i_T}$  é o ganho da antena transmissora,  $G_{i_R}$  é o ganho da antena receptora,  $h_T$  é a altura da antena transmissora e  $h_R$  é a altura da antena receptora.

O terceiro modelo considera o efeito da difração da onda eletromagnética, que ocorre quando há um obstáculo entre a antena transmissora e a antena receptora, e é chamado de modelo de “Gume de Faca”. Esse modelo possibilita a estimativa da atenuação causada pela difração do sinal sem fio calculando o parâmetro de Fresnel pela equação 3 e utilizando a tabela de equações de perdas de ganho da Figura 2.

$$v = h \sqrt{\frac{2(d_1 + d_2)}{\lambda d_1 d_2}} (3),$$

em que  $v$  é o parâmetro de Fresnel,  $h$  é altura do gume de faca em relação a linha de visada direta,  $d_1$  é a distância da antena transmissora até o gume de faca,  $d_2$  é a distância da antena receptora até o gume de faca e  $\lambda$  é o comprimento de onda.

Lee [1985] dá a seguinte solução aproximada para $G_d$ :	
$G_d[\text{dB}] = 0$	$v \leq -1 \quad (58a)$
$G_d[\text{dB}] = 20 \log(0,5 - 0,62v)$	$-1 \leq v \leq 0$
$G_d[\text{dB}] = 20 \log[0,5 \exp(-0,95v)]$	$0 \leq v \leq 1$
$G_d[\text{dB}] = 20 \log\left[0,4 - \sqrt{0,1184 - (0,38 - 0,1v)^2}\right]$	$1 \leq v \leq 2,4$
$G_d[\text{dB}] = 20 \log\left(\frac{0,225}{v}\right)$	$v > 2,4$

**Figura 2:** Tabela de equações das perdas de ganho.

## Descrição do Algoritmo

Os cálculos realizados no aplicativo são executados no código do arquivo *“LinkCommunication\_calculate\_parameters.js”*. A função *“dbmParaW”* transforma a potência de dBm para watts (W). A segunda função, *“lambda”*, calcula o comprimento de onda a partir da frequência fornecida pelo usuário, e considerando a velocidade de propagação no vácuo ( $3 \cdot 10^8$  m/s). Na terceira função, *“Prr”*, é calculada a potência recebida de acordo com o modelo de reflexão, e, que utiliza a equação 2 acima. A potência recebida, que é calculada na função *“PrI”*, é considerando o modelo de linha de visada direta, e que faz uso da *“Fórmula de Friis”* (equação 1). Por fim, as equações do modelo de gume de faca foram implementadas nas funções *“v”*, que calcula o parâmetro de Fresnel (equação 3), e *“Gd”*, que calcula as perdas de ganho (equações da Figura 2).

## Utilização

O aplicativo é de simples utilização, sendo necessário apenas que o usuário preencha os campos de entrada com os valores desejados e clique em calcular para a exibição da resposta. As entradas e as suas unidades estão especificadas na tela do aplicativo, conforme indicado na Figura 3. As entradas são a potência do transmissor (em W), o ganho do transmissor na direção do receptor (em dBi), o ganho do receptor na direção do gerador (em dBi), a frequência do sinal eletromagnético enviado entre as antenas (em MHz), distância entre as antenas (em km), a sensibilidade do receptor (em dBm) e o modelo de transmissão considerado, assim como os os parâmetros adicionais necessários para o modelo escolhido.

Para o modelo Linha de visada direta, não se faz necessário nenhum parâmetro adicional. Já para difração por gume de faca, os parâmetros altura do gume de faca (em m) e a distância do gume de faca (em km) devem ser fornecidos. Finalmente, para o modelo Reflexão no solo, se fazem necessárias as alturas do transmissor e do receptor (em m). Caso o usuário deseje fazer o cálculo considerando todos os modelos, são necessários todos os parâmetros de cada modelo, como se observa na Figura 3.

Escolhido o modelo de transmissão e tendo preenchido todos os parâmetros, basta clicar em calcular para que as respostas sejam obtidas.

## Lab 4 - ELE-12 - Links de Comunicação

Especifique os parâmetros para calcular a potência recebida:

Potência do transmissor	$P_T$ :	<input type="text" value="320"/>	(W)
Ganho do transmissor	$G_T$ :	<input type="text" value="32"/>	(dBi)
Ganho do receptor	$G_R$ :	<input type="text" value="40"/>	(dBi)
Frequência de operação	$f$ :	<input type="text" value="15000"/>	(MHz)
Distância	$d$ :	<input type="text" value="24567"/>	(Km)
Modelo de Transmissão		<input type="text" value="Todos os modelos"/>	▼
Sensibilidade do receptor	$S$ :	<input type="text" value="-90"/>	(dBm)
Altura do gume de faca	$h_G$ :	<input type="text" value="10"/>	(m)
Distância do gume de faca	$d_f$ :	<input type="text" value="10000"/>	(km)
Altura do Transmissor	$h_T$ :	<input type="text" value="10"/>	(m)
Altura do Receptor	$h_R$ :	<input type="text" value="10"/>	(m)

Clique em calcular para obter as respostas.

Calcular

Figura 3 – Interface de entrada do aplicativo.

O resultado será exibido abaixo do botão de calcular, sendo calculada a possibilidade ou não do link de comunicação, sendo possível o link caso a potência recebida seja maior ou igual à sensibilidade do receptor e impossível caso contrário. Além disso, também é gerado um gráfico da análise da potência recebida (em dBm) em função da distância entre as antenas, como mostra a Figura 4.

Observe a linearidade do gráfico. Isto se deve à potência estar em unidade logarítmica (dBm), assim como a distância entre as antenas estar com espaçamento logarítmico no gráfico. Para os modelos linha de visada direta, difração por gume de faca ou reflexão no solo, será exibida apenas a reta correspondente à potência recebida naquele modelo. Para todos os modelos, será exibida as 3 retas, com cores diferentes e uma legenda para identificar cada uma.

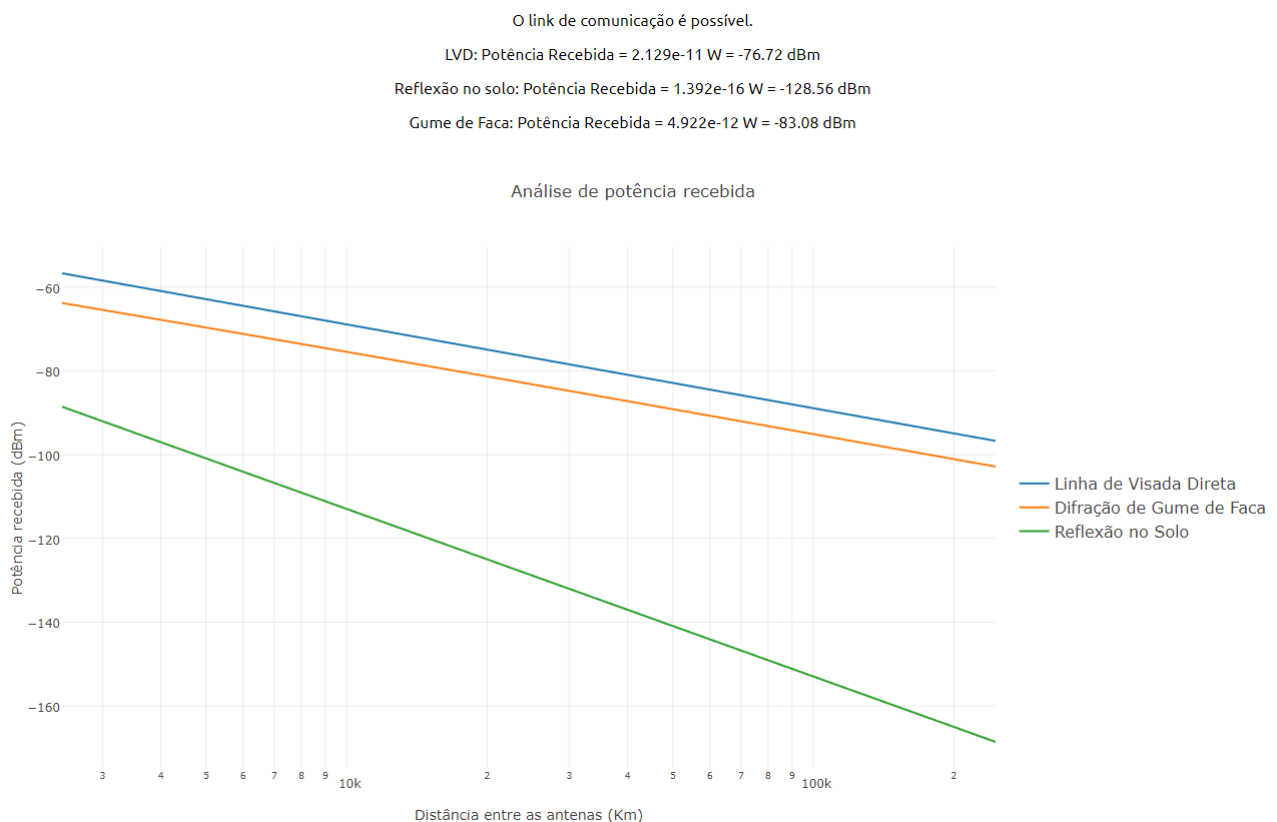


Figura 4 – Resultados calculados pelo aplicativo.

## Conclusão

O presente trabalho realiza o cálculo da possibilidade da formação de um link de comunicação entre duas antenas, além da potência recebida em função da distância entre as antenas. O primeiro cálculo é expresso na forma de texto e o segundo cálculo na forma de um gráfico.

É interessante a observação do gráfico com os três modelos juntos como comparação dos modelos. No modelo de reflexão no solo, por exemplo, pode-se verificar que a potência recebida é bem menor e decai mais rapidamente com a distância que nos outros modelos. Isto se deve ao fato de que quando se aumenta a distância entre as antenas, a diferença de fase entre o sinal recebido por visada direta e o sinal recebido por reflexão se aproxima de  $180^\circ$ , causando interferência destrutiva.

O trabalho cumpriu com a sua proposta pedagógica, no sentido de aplicar o conteúdo aprendido na disciplina de ELE-12 para construção de uma aplicação web de fácil uso, permitindo assim a futura consulta da viabilidade de links de comunicação e do gráfico da potência recebida por cada modelo.



## Anexo

### LinkCommunication\_calculate\_parameters.js

```
1 /*
2  * To change this license header, choose License Headers in Project Properties.
3  * To change this template file, choose Tools | Templates
4  * and open the template in the editor.
5  */
6
7 /**
8  * @function dbmParaW Transforma de dBm para Watts
9  * @param {number} dbm A potência em dBm
10 * @returns {number} A potência em Watts
11 */
12 function dbmParaW(dbm){
13     return Math.pow(10, dbm/10)/1000;
14 }
15
16 /**
17 * @function [beta] Calcula o comprimento de onda
18 * @constant {number} c velocidade da luz
19 * @param {number} f frequencia
20 * @returns comprimento de onda
21 */
22 function lambda(f){
23     c = 300000000;
24     return c/f;
25 }
26
27 /**
28 * @function [Prr] Calcula a potencia recebida modelo 2 raios refletidos
29 * @param {number} Pt potencia transmitida em Watts
30 * @param {number} Gt ganho do transmissor NAO eh em dB
31 * @param {number} Gr ganho do receptor NAO eh em dB
32 * @param {number} ht altura do transmissor
33 * @param {number} hr altura do receptor
34 * @param {number} d distancia entre as antenas em metros
35 * @returns potencia recebida em dBm
36 */
37 function Prr(Pt,Gt,Gr,ht,hr,d){
38
39     return 10*Math.log10((Pt*Gt*Gr*ht*ht*hr*hr/Math.pow(d,4))*1000);
40 }
41 /**
42 * @function [Prl] Calcula a potencia recebida modelo linha de visada direta
43 * @param {number} Pt potencia transmitida em Watts
44 * @param {number} Gt ganho do transmissor NAO eh em dB
45 * @param {number} Gr ganho do receptor NAO eh em dB
46 * @param {number} f frequencia de operacao Hz
47 * @param {number} L atenuacao dissipativa
48 * @param {number} d distancia entre as antenas em metros
```

```

49 * @returns potencia recebida em dBm
50 */
51 function Prl(Pt,Gt,Gr,d,f,L){
52
53     return
54     10*Math.log10((Pt*Gt*Gr*lambda(f)*lambda(f)/(Math.pow(d*4*Math.PI,2))*L)*1000);
55 }
56 /**
57 * @function {v}  Calcula o parametro de Fresnel Kirchhoff
58 * @param {number} h altura do gume de faca em relacao a LVD em metro
59 * @param {number} d1 distancia do transmissor ate o gume de faca em metro
60 * @param {number} d2 distancia do receptor ate o gume de faca em metro
61 * @param {number} f frequencia de operacao
62 * @returns {number} parametro de Fresnel
63 */
64 function v(h,d1,d2,f){
65
66     return h*Math.sqrt((2*(d1+d2))/(lambda(f)*d1*d2));
67 }
68 }
69
70 /**
71 * @function {Gd} Calcula perda de ganho
72 * @param {number} vfk parametro de Fresnel Kirchhoff
73 * @returns {number} perda de ganho em dBi
74 */
75 function Gd(vfk){
76
77     if (vfk <= -1){
78         return 0;
79     }
80     else if (-1<vfk<= 0){
81         return 20*Math.log10(0.5-0.62*vfk);
82     }
83     else if(0< vfk <=1 ){
84         return 20*Math.log10(0.5*Math.exp(-0.95*vfk));
85     }
86     }
87     else if(1< vfk <=2.4){
88         return 20*Math.log10(0.4-Math.sqrt(0.1184-(0.38-0.1*vfk)*(0.38-0.1*vfk)));
89     }
90     else{
91         return 20*Math.log10(0.225/vfk);
92     }
93 }

```