

# O fim da paranóia

João Paulo Just – [just@rg3.net](mailto:just@rg3.net) – <http://jpjust.blogspot.com>

20 de julho de 2009



## Introdução

Minha paranóia acabou. Por muito tempo me preocupava com o tamanho dos cabos coaxiais que ligavam os rádios com as antenas, pois sempre via em alguns sites de radioamadores e hobbystas em eletrônica e rádio, que o tamanho do cabo influencia na criação de ondas estacionárias e na quantidade de energia efetiva que saía da antena.

Como dono de um provedor de Internet, essas coisas me preocupavam. Porém, sempre que lia de uma fonte mais especializada como um livro decente (pois tenho aqui um livro não tão decente que também fala sobre o tamanho do cabo) ou até mesmo alguns sites feitos por profissionais da área de telecom ou eletrônica, nunca via nenhuma citação sobre o tamanho dos cabos. Na verdade, eles sempre diziam que, quando a impedância do cabo e da antena são iguais, 100% da energia transmitida pelo rádio é irradiada pela antena (claro que em teoria, porque por mais que o fabricante tente, não dá pra fazer um cabo com exatamente  $x$  ohms).

Em alguns casos, li sobre o uso de cabos com impedâncias diferentes ou até mesmo stubs, mas sempre com o intuito de casar impedâncias totalmente diferentes. Por exemplo: em um desses sites, o autor explicava como conectar um rádio de 50 ohms em uma antena de 100 ohms. Como as impedâncias são totalmente diferentes, ele usou um cabo de aproximadamente 70 ohms pra casar as duas impedâncias (ele fez alguns cálculos pra chegar a este valor). Mas, em momento algum, disse que o tamanho do cabo iria influenciar.

No curso do eng. Gilvan Enriconi, ele nos ensinou que o tamanho do cabo importa e que sempre que possível devemos fazer um stub pra compensar a diferença de impedância, pois nunca as impedâncias de um cabo e uma antena são iguais (concordo, mas veremos adiante que a diferença é tão ínfima que pode ser desprezada). Nesse curso, Gilvan falou sobre impedâncias complexas, que são escritas na forma de números complexos ( $a + jb$ ) e que podemos usar elas em uma planilha que ele forneceu pra sabermos qual o tamanho de cabo devemos usar.

## Demonstração

Bem, até aquele momento eu não sabia da existência de impedâncias complexas. Então, solicitei a um fabricante de cabos coaxiais e um fabricante de antenas a impedância complexa de alguns dos seus produtos para fazer os testes. Na planilha de Gilvan, após inserir os valores fornecidos pelos fabricantes, eu teria que usar aproximadamente 3,15 m de cabo coaxial. Mas como eu não me contento enquanto não ver os números, estudei pelo livro *Teoria e Técnicas de Antenas*, de Vincent F. Fusco, e fiz as contas pra saber quanto de energia incidente de um rádio é realmente irradiada pela antena.

Antes de começar, precisamos da impedância complexa do cabo e da antena do sistema onde queremos calcular quanto de energia efetiva é irradiada. Abaixo, uma pequena tabela com os valores de dois cabos da AF Datalink e duas antenas da OIW (obtive esses valores com os próprios fabricantes).

Descrição	@ 2400 MHz	@ 5800 MHz
Cabo DLC-213 <sup>1</sup>	52,715 – j3,4388	47,493 + j1,9649
Cabo DLC-58 <sup>1</sup>	49,348 + j0,38912	46,076 – j3,1153
Antena OIW-2417P090V	58,56 + j4,1	-

Descrição	@ 2400 MHz	@ 5800 MHz
Antena OIW-58120V	-	50 + j51

1 DLC-213 e DLC-58 são os modelos de RGC-213 e RGC-58 da AF Datalink, respectivamente.

Como exemplo, escolhi o cabo DLC-213 e a antena OIW-2417P090V, já que uso esses modelos aqui no provedor (na verdade, uso a Hyperlink de 17 dBi e 90°, mas são as mesmas antenas com adesivos diferentes).

O primeiro passo é calcular o coeficiente de reflexão:

$$\Gamma = \frac{Z_T - Z_O}{Z_T + Z_O}$$

$$\Gamma = \frac{58,56 + j*4,1 - (52,715 - j*3,4388)}{58,56 + j*4,1 + 52,715 - j*3,4388}$$

$$\Gamma = \frac{5,845 + j*7,5388}{111,275 + j*0,6612}$$

$$\Gamma = \frac{(5,845 + j*7,5388) * (111,275 - j*0,6612)}{(111,275 + j*0,6612) * (111,275 - j*0,6612)}$$

$$\Gamma = \frac{650,402375 - j*3,8664714 + j*838,87997 + j^2*4,98465456}{12382,125625 + 0,43718544}$$

$$\Gamma = \frac{655,38702956 + j*835,015256}{12382,56281044}$$

$$\Gamma = 0,052928222 + j*0,067434768$$

$Z_T$ : impedância de terminação (antena)  
 $Z_O$ : impedância de carga (cabo)

Com o coeficiente de reflexão em mãos, calculamos a ROE. Para calcular a ROE, precisaremos também do módulo do coeficiente de reflexão:

$$|\Gamma| = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$|\Gamma| = \sqrt{0,052928222^2 + 0,067434768^2}$$

$$|\Gamma| = 0,085725402$$

$$ROE = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

$$ROE = \frac{1,085725402}{0,914274598}$$

$$ROE = 1,187526597$$

Com um valor de ROE de aproximadamente 1,19, já dá pra perceber que essa combinação de cabo e antena vai resultar em uma boa eficiência do sistema. Mas vamos continuar os cálculos. Agora, vamos ver em porcentagem, quanto da energia emitida pelo rádio é irradiada pela antena:

$$\frac{P_L}{P_i} = \frac{4 * ROE}{(1 + ROE)^2}$$

$$\frac{P_L}{P_i} = \frac{4 * 1,187526597}{(1 + 1,187526597)^2}$$

$$\frac{P_L}{P_i} = \frac{4,750106388}{4,785272612}$$

$$\frac{P_L}{P_i} = 0,992651156$$

Concluindo os cálculos: **99,26 %** da energia emitida pelo rádio é irradiada pela antena OIW-2417P090V ao usar o cabo DLC-213 da AF Datalink.

Então, pra quê usar stub? Ao usar o stub, vamos acabar diminuindo o rendimento do sistema, pois acho impossível ganhar mais 0,74 % de rendimento nesse sistema com um stub manual, além de correremos o risco de inserir falhas no cabo, a ponto de entrar água na emenda do stub. Além disso, o que significa 0,74 % de energia a mais em rádios da ordem de 100 mW? Esse ganho seria de apenas 0,74 mW.

## **Finalizando**

Fica aí a prova matemática de que o stub é desnecessário se usamos cabos e antenas com a mesma impedância. Aí os alunos de Gilvan podem me perguntar: “Mas vimos Gilvan mostrar o stub funcionando com um analisador de espectro. Como você me explica isso?”

Também vi essa demonstração e agora te pergunto: Gilvan mostrou o nível de sinal no analisador com o cabo puro sem nenhum stub? Aí que está. Quando fiz o curso, também vi ele ajustando o nível de sinal com cortes no stub, mas depois desses cálculos, tenho certeza que se ele conectasse um cabo puro, o nível de sinal no analisador seria o mesmo ou até melhor do que o sinal com o stub ajustado.

Quando se tem o conhecimento técnico e ferramentas apropriadas, é fácil fazer terrorismo em quem não tem o mesmo nível de conhecimento do assunto.

## **Referências bibliográficas**

FUSCO, Vincent F. *Teoria e Técnicas de Antenas*. Porto Alegre: Bookman, 2006.

[http://www.allaboutcircuits.com/vol\\_2/index.html](http://www.allaboutcircuits.com/vol_2/index.html) – *All About Circuits: Volume II – AC*. Acessado em 19/07/2009.

<http://www.antenna-theory.com/tutorial/txline/transmission.php> – *Antenna-Theory.com: Transmission lines*. Acessado em 19/07/2009.