



[Home](#) > [Informações técnicas](#)

Como empilhar duas antenas Yagi (colocar em fase)

Colaboração de PY2-NI Horta
E-mail: py2ni@terra.com.br
Website: <http://www.nabla.com.br/py2ni>

Supondo que você vai empilhar antenas com impedância de $50 \cdot$ (OHM) (fácil de calibrar individualmente) que é o que normalmente é feito.

O procedimento mais comum é transformar cada uma destas impedâncias em um valor tal que juntando as duas, você volte a ter $50 \cdot$ no ponto de união, assim você vai ficar feliz com um valor de SWR (Relação de Ondas Estacionárias-ROE) baixo.

Ocorre que interligando duas antenas de $50 \cdot$ com cabos de $50 \cdot$ cada uma delas, você acaba com uma impedância de $25 \cdot$. Se você ligar esse ponto ao seu rádio através de um cabo de $50 \cdot$ vai ter uma SWR que pode afetar a potencia de saída de alguns rádios com proteção (os modernos fazem muito isso).

Para evitar isso você pode usar uma seção adaptadora de $1/4$ de onda de impedância adequada. É possível provar que ligando uma impedância de $50 \cdot$ através de um cabo de $1/4$ de onda com impedância de $75 \cdot$ (ou seus múltiplos ímpares: 3,5,7,9 ...) você transforma os $50 \cdot$ em 112,5 (o ideal seria usar um cabo de $70,71 \cdot$ mas este cabo não existe disponível, pelo menos que eu saiba) assim o cabo de $75 \cdot$ vai quebrar um bom galho.

O próximo passo então é verificar quantos múltiplos ímpares de $1/4$ de onda são necessários para trazer os cabos das antenas até o ponto de união (normalmente a meio caminho das antenas). Note que é importante usar múltiplos ímpares e não qualquer medida aleatoriamente.

Quando os dois cabos forem interligados a impedância resultante neste ponto é de $112,5 / 2 = 56,25$ que é bastante próximo de $50 \cdot$ para deixar todo mundo feliz com a SWR medida.

A partir deste ponto você pode usar **QUALQUER MEDIDA** de cabo de $50 \cdot$ para ligar ao rádio no shack.

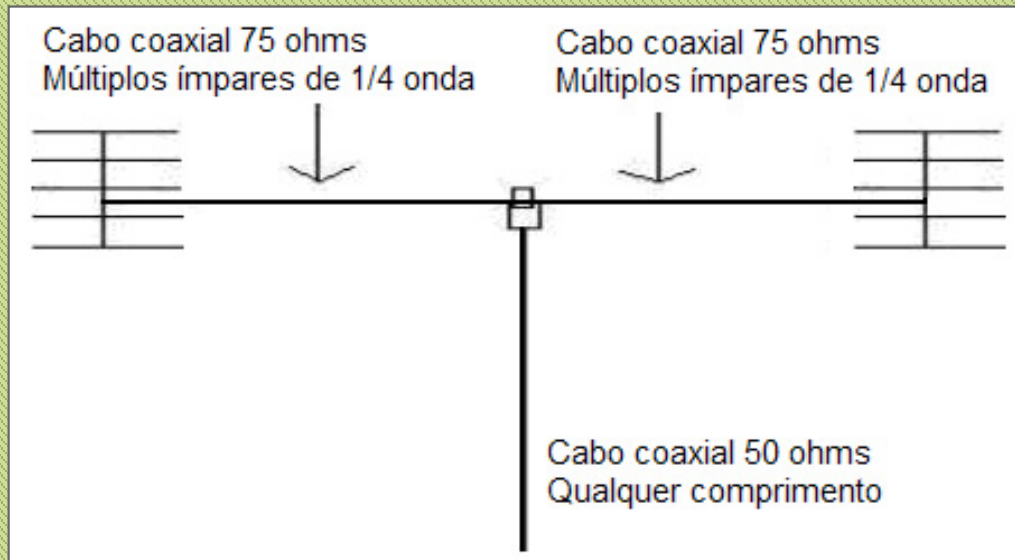
OBS: Cuidado para não colocar as antenas viradas 180 graus durante a montagem.

Se forem antenas com Gama Match assegure que ambas tenham o gama **apontando para mesma direção.**

No caso de T Match verifique qual braço do acoplador recebe o sinal direto do conector da antena e monte as duas antenas com **estes braços apontando para a mesma direção.**

É MUITO COMUM FAZER TODO O CÁLCULO CORRETO E TERMINAR LIGANDO AS ANTENAS ERRADO. ASSIM VOCÊ VAI TERMINAR COM UM SISTEMA IGUAL OU PIOR DO QUE AQUELE COM UMA ÚNICA ANTENA.

EXTRAS:



Para calcular o tamanho dos cabos de 75 • faça da seguinte maneira: estime o valor mínimo de cabo necessário para levar o sinal da antena até o ponto de união, vamos supor que tenha sido de 2.5m.

Calcule o tamanho de ¼ onda no cabo de 75 • que você vai usar. Se for de dielétrico sólido provavelmente o fator de velocidade vai ser 0,66 e então teremos:

$$\frac{1}{4} \text{ de onda} = \left\{ \frac{300}{\text{freq}} \right\} / 4 \times 0,66$$

Para VHF podemos fazer freq = 146 para o meio da faixa e então teríamos:

$$(2,054 / 4) \times 0,66 = \mathbf{0,339} \text{ (este é o valor de 1/4 no cabo com fator de velocidade 0,66 em 146MHz)}$$

Para saber o tamanho do cabo dividimos os 2,5m que precisamos por 0,339, lembrando que temos que ter sempre múltiplos ímpares e não qualquer valor, logo:

$$\text{Numero de comprimentos de cabo de } \frac{1}{4} \text{ de onda} = 2,5 / 0,339 = \mathbf{7,37}$$

Como dito antes não podemos usar qualquer medida e sim múltiplos ímpares de ¼ de onda. Pela nossa conta se usarmos 7 x ¼ de onda o cabo ficará curto, pois o resultado mostrou que o mínimo é 7,37, assim para satisfazer nossa necessidade passamos para o múltiplo ímpar imediatamente superior que seria 9.

O cabo de 75 • teria então que medir $9 \times 0,333 = 3,051$ metros.

Fórmula para o cálculo da impedância do cabo coaxial do adaptador de 1/4 de onda

$Z_{\text{cabo}} = \text{a raiz quadrada de } (Z_a) \text{ vezes } (Z_b)$

$Z_a = 50 \bullet$ (Impedância da antena)

$Z_b = 100 \bullet$ (Impedância que se pretende obter, com o adaptador de 1/4 de onda)

$Z_{\text{cabo}} = \text{Impedância do cabo}$

Levando em conta o que escrevi anteriormente vamos supor que eu queira levar uma impedância de 50 • para o valor de 100 •, pois quando colocar duas delas em paralelo voltarei a ter 50 •.

A Impedância dos cabos coaxiais de 1/4 de onda ou múltiplos ímpares que ligam as duas antenas à linha de transmissão de 50 • que liga as antenas ao transceptor é:

$Z_{\text{cabo}} = \text{à raiz quadrada de } Z_a \times Z_b$

$Z_{\text{cabo}} = \text{à raiz quadrada de } 50 \times 100$

$Z_{\text{cabo}} = \text{à raiz quadrada de } 5000$

$Z_{\text{cabo}} = 70,71 \bullet$ (usaremos 75 •).

A Impedância dos cabos de 1/4 de onda ou múltiplos ímpares que ligam as duas antenas de 50 • é de 70,71 • (75 •).

NOTAS: *As antenas empilhadas devem estar na mesma posição, ambas na horizontal, ou ambas na vertical. Pode-se fazer a ligação de antenas com polarizações diferentes quando desejamos polarização circular ou elíptica, mas é um caso particular para contatos com satélite principalmente.*

Como empilhar antenas Yagi - v.2

por PY2NI - Horta

Caso 1 - 2 antenas

Supondo que você vai empilhar (colocar em fase) duas antenas com impedância de 50 Ohms, o procedimento mais comum é transformar cada uma dessas impedâncias em um valor tal que, quando as antenas forem ligadas, você volte a ter 50 Ohms no ponto de união.

Esta não é a única forma de se fazer isto.

Também é possível simplesmente interligar as duas antenas com cabos de 50 Ohms chegando a uma impedância de 25 Ohms na união e corrigir posteriormente este valor levando-o de volta a 50 Ohms.

Esta instrução optou pelo primeiro método, pois utilizando cabos de 75 Ohms consegue-se um sistema mais

simples e com menos conexões.

Para isso, faremos uso de uma interessante propriedade das linhas de transmissão com tamanho de $\frac{1}{4}$ de onda.

Podemos transformar uma impedância Z_a em uma impedância Z_b se utilizarmos um cabo que tenha $\frac{1}{4}$ de onda na frequência de interesse e que apresente uma impedância igual à RAIZ QUADRADA entre as duas impedâncias que se quer casar ($Z_a \times Z_b$).

Outra propriedade que iremos utilizar é a que garante que um trecho de com qualquer impedância que tenha $\frac{1}{2}$ onda (ou seus múltiplos inteiros), na frequência de interesse, faz aparecer em uma ponta exatamente a impedância que estiver conectada na outra ponta ou seja, não existe transformação de impedância neste caso.

Os comprimentos desses trechos são $\frac{1}{2}$ onda, $2 \times \frac{1}{2}$ onda, $3 \times \frac{1}{2}$ onda, $4 \times \frac{1}{2}$ onda, $5 \times \frac{1}{2}$ onda e assim por diante).

Se pretendermos ter 50 Ohms na união das antenas devemos elevar a impedância para 100 Ohms que, quando as antenas forem ligadas em paralelo, vão resultar nos 50 Ohms.

Lembrando da propriedade do transformador de $\frac{1}{4}$ de onda, podemos calcular o valor de impedância da linha para transformar 50 ohms em 100 ohms.

$$Z_{\text{linha}} = \text{Raiz quadrada } (Z_a \times Z_b)$$

$$Z_{\text{linha}} = \text{Raiz Quadrada } (50 \times 100)$$

$$Z_{\text{linha}} = \text{Raiz Quadrada } (5000) \quad \dots \text{ Chegamos à } Z_{\text{linha}} = 70,7 \text{ Ohms}$$

Infelizmente, não existem no mercado cabos com tal impedância, mas o cabo de 75 Ohms funciona bastante bem como substituto. Esta pequena diferença resulta em uma transformação de impedância um pouco diferente, mas plenamente aceitável.

$$Z_{\text{linha}} = \text{Raiz Quadrada } (Z_a \times Z_b)$$

$$75 = \text{Raiz Quadrada } (50 \times Z_b)$$

$$Z_b = 75^2 / 50 = 112,5 \text{ Ohms (o desejado seria 100 Ohms)}$$

Muito bem: agora podemos transformar a impedância de nossa antena para 112,5 Ohms e, ao juntarmos as duas, teremos $112,5/2 = 56,25$ (bastante próximo dos 50 Ohms desejados). Para conseguir isso devemos usar um trecho de cabo de 75 Ohms com $\frac{1}{4}$ de onda.

Por exemplo, $\frac{1}{4}$ de onda em 146 MHz pode ser calculado da seguinte forma:

$$\frac{1}{4} \text{ de onda} = (300/146/4) \text{ multiplicado pelo fator de velocidade do cabo}$$

$$\frac{1}{4} \text{ de onda} = (0,5136 \text{ m}) \text{ multiplicado pelo fator de velocidade do cabo.}$$

O fator de velocidade do cabo está intimamente ligado ao tipo de dielétrico usado em sua construção. Para o cabo RG59 da Pirelli, que é feito de polipropileno (não é espuma), este numero é 0,66, o que resulta um tamanho de cabo de $\frac{1}{4}$ de onda com:

$1/4$ de onda (RG59 @ 146 MHz) = $0,5136 \times 0,66 = 0,3389$ m ($\sim 33,9$ centímetros)

Surge agora um problema: este cabo é muito curto, não conseguiríamos deixar as antenas afastadas o suficiente para conseguir o ganho que desejamos.

Faremos uso agora da outra característica das linhas de transmissão que diz que "*...múltiplos de $\frac{1}{2}$ onda não fazem transformação alguma de impedância...*" ou seja, qualquer que seja a impedância do cabo ao ligar uma impedância Z_x numa das pontas e o cabo tiver múltiplos inteiros de $\frac{1}{2}$ onda iremos encontrar a mesma impedância Z_x na outra ponta.

Como precisamos levar o cabo de uma antena até o ponto de encontro com o cabo que vem da outra antena, frequentemente no meio da distancia entre elas, usaremos $\frac{1}{4}$ de onda para conseguir os 112,5 cm e colocaremos tantos pedaços de $\frac{1}{2}$ onda quantos forem necessários para que esta ponta do cabo chegue até a outra ponta onde, unindo as duas pontas, teremos finalmente os desejados 56,25 Ohms.

Resumindo, utilizamos apenas duas propriedades das linhas de transmissão:

1. $\frac{1}{4}$ de onda como transformador ($Z_{\text{linha}} = \text{Raiz } (Z_a \times Z_b)$)
2. $\frac{1}{2}$ onda como transformador 1:1 (repetidor de impedância)

Podemos escrever uma equação para calculo do tamanho do cabo desejado lembrando que $\frac{1}{2}$ onda equivale a $2 \times \frac{1}{4}$ de onda, e que usaremos sempre $\frac{1}{4}$ de onda mais quantos trechos de $\frac{1}{2}$ onda forem necessários.

Comprimento do cabo = $(2 * K + 1) \frac{1}{4}$ de onda (K é um numero inteiro qualquer)

A equação acima informa que o cabo deve ter um múltiplo ímpar de $\frac{1}{4}$ de onda. Se você fizer o K variar (por exemplo, 1, 2, 3, 4...) o termo entre parênteses sempre deverá ser um numero ímpar (1, 3, 5, 7, 9, etc.). Observe a importância de usar múltiplos ímpares e não qualquer medida aleatória.

Feita a união dos cabos com os valores encontrados, teremos uma impedância muito próxima de 50 Ohms. A partir dessa junção dos cabos "fasadores" de 75 Ohms, utilize um cabo de impedância 50 Ohms com tamanho apropriado para chegar até o equipamento de radio.

OBS: Como já foi dito por outro colega, cuidado para não colocar as antenas defasadas 180 graus durante a montagem. Se forem antenas com Gamma Match, assegure-se que ambas tenham o gama apontando para mesma direção. No caso de T Match, veja qual braço do acoplador recebe o sinal direto do conector da antena e monte as duas antenas com os dois braços apontando para a mesma direção.

É MUITO COMUM FAZER TODO O CÁLCULO CORRETO E TERMINAR LIGANDO AS ANTENAS ERRADO RESULTANDO EM UM SISTEMA IGUAL OU PIOR DO QUE AQUELE COM UMA ÚNICA ANTENA.

Caso 2 - 4 antenas

(usando cabo de 75 Ohms)

O procedimento para juntar quatro antenas e conseguir algo ligeiramente abaixo de 6 dBs de ganho adicional em relação a uma única antena é de alguma forma semelhante ao caso com 2 antenas.

Para simplificar o pensamento, imagine que sejam feitos dois conjuntos de ligações como explicado no caso com duas antenas (acima). Ao fazer isso, acabaremos com dois sistemas que já estão com 50 Ohms cada um deles, mas que se forem simplesmente ligados em paralelo, vão resultar em uma impedância de 25 Ohms o que não é desejado.

Por analogia ao caso anterior, vamos tratar o conjunto de duas antenas como se fosse apenas uma antena, e usar o mesmo procedimento para transformar a impedância de 50 Ohms do conjunto de duas antenas para 100 Ohms, para que possamos depois juntar os dois conjuntos e resultar um sistema com 50 Ohms.

Novamente o artifício utilizado é o de usar múltiplos ímpares de $\frac{1}{4}$ de onda de cabo de 75 Ohms. Como explicado acima, isso leva a impedância de 50 para 100 Ohms na ponta do cabo com múltiplos ímpares de $\frac{1}{4}$ de onda.

Finalmente, basta ligar estes dois pontos com um conector "T" e conectar o cabo de descida de 50 Ohms (seja ele de que tipo for).

Caso 3 - 4 antenas

(usando cabo de 50 Ohms)

Outra possibilidade de cabeamento para um conjunto de quatro antenas, embora pouco difundido, é usando cabos de 50 Ohms. Esse método é tecnicamente correto e pode ser vantajoso por não necessitar de cabo de 75 Ohms. Nele, faremos uso apenas de cabos com impedância de 50 Ohms em todo o sistema de "fasamento".

Neste caso, unimos duas antenas com **cabos exatamente iguais com 50 Ohms de impedância**, repetimos o procedimento para o outro conjunto de duas antenas.

Como explicado acima, obteremos dois pontos com impedância de 25 Ohms. Aqui usaremos, mais uma, o artifício dos múltiplos ímpares de $\frac{1}{4}$ de onda, só que neste caso usaremos o cabo de 50 Ohms para esta função.

Ao colocarmos um cabo de 50 Ohms com múltiplo ímpar de $\frac{1}{4}$ de onda nos pontos de 25 Ohms teremos uma transformação interessante que é a de elevar os 25 Ohms para 100 Ohms, juntando então os dois pontos de 100 Ohms para obter 50 Ohms que é a impedância desejada.

Informações Adicionais

Para calcular o tamanho dos cabos de 75 Ohms, estime o valor mínimo de cabo necessário para levar o sinal da antena até o ponto de união.

Vamos supor que tenha sido 2,5 metros.

Calcule o tamanho de $\frac{1}{4}$ onda no cabo de 75 Ohms que você vai usar - se for de dielétrico sólido provavelmente o fator de velocidade vai ser 0,66 - e então teremos:

$$\frac{1}{4} = [(300/\text{freq.}) / 4] \times 0,66$$

Para VHF podemos fazer Freq. = 146 para o meio da faixa e então teríamos:

$$(2,054 / 4) \times 0,66 = 0,339 \text{ m (33 centímetros)}$$

Este é o valor de $\frac{1}{4}$ no cabo com fator de velocidade 0,66 em 146 MHz

Para saber o tamanho do cabo dividimos o comprimento de 2,5m que precisamos por 0,339, lembrando que

temos que ter sempre múltiplos ímpares e não qualquer valor, logo:

Numero de comprimentos de cabo de $1/4$ de onda = $2,5 / 0,339 = 7,37$

Como dito antes não podemos usar qualquer medida e sim múltiplos ímpares de $1/4$ de onda, pela nossa conta se usarmos $7 * 1/4$ de onda o cabo ficara curto, pois o resultado mostrou que o mínimo é 7,37, assim para satisfazer nossa necessidade passamos para o múltiplo ímpar imediatamente superior que seria 9.

O cabo de 75 Ohms teria então que medir $9 \times 0,339 = 3,051$ metros

Fórmula para o cálculo da impedância do cabo coaxial do adaptador de $1/4$ de onda

$Z_{\text{cabo}} = \text{Raiz quadrada de } [(Z_a) \text{ multiplicada por } (Z_b)]$

$Z_a = 50 \text{ Ohms}$ (Impedância da antena)

$Z_b = 100 \text{ Ohms}$ (Impedância que se pretende obter, com o adaptador de $1/4$ de onda).

$Z_{\text{cabo}} = \text{Impedância do cabo.}$

Levando em conta o que foi escrito anteriormente, vamos supor que você queira elevar uma impedância de 50 Ohms para o valor de 100 Ohms, para quando conectar duas antenas em paralelo, volte a obter 50 Ohms.

A Impedância dos cabos coaxiais de $1/4$ de onda, ou múltiplos ímpares, que ligam as duas antenas à linha de transmissão de 50 Ohms é:

$Z_{\text{cabo}} = \text{Raiz quadrada de } Z_a \times Z_b$

$Z_{\text{cabo}} = \text{Raiz quadrada de } 50 \times 100$

$Z_{\text{cabo}} = \text{Raiz quadrada de } 5000$

$Z_{\text{cabo}} = 70,71 \text{ Ohms}$ (usaremos 75 Ohms).

A Impedância dos cabos de $1/4$ de onda, ou múltiplos ímpares, que ligam as duas antenas de 50 Ohms é de 75 Ohms.

NOTAS:

As antenas empilhadas devem estar na mesma posição, ambas na horizontal, ou ambas na vertical. Pode-se fazer a ligação de antenas com polarizações diferentes quando desejamos polarização circular ou elíptica, mas é um caso particular para contatos principalmente via satélite.

Meus agradecimentos ao amigo Orlando – PY2ANE que teve a bondade de corrigir e formatar o texto de forma a deixá-lo muito melhor do que eu havia inicialmente proposto.

73 de PY2NI

Horta

© 2009 arpapr.org.br - Todos os direitos reservados