

ACOPLADORES DE ANTENA

HORTÊNCIO PEREIRA DA SILVA NETO*

A razão de ser dos "Acopladores de Antena" — que não constituem uma "panacéia", mas contribuem valiosamente para otimizar a transferência de energia e, ao mesmo tempo, protegem os transceptores transistorizados contra os danos causados por uma alta relação de ondas estacionárias.

COMO muitas vezes já se disse: "o acessório mais importante de uma estação é, sem dúvida, a antena". Ela é a responsável pela transferência ao éter do sinal que se pretende irradiar. Portanto, tudo o que se fizer para melhorar sua eficiência será revertido em melhor aproveitamento da estação.

Mas, como melhorar a antena? Como fazer a estação render o máximo? Sim, alguma coisa poderá ser feita: 1º) Diminuir a relação de ondas estacionárias, abreviadamente r.o.e. (ou SWR, em inglês), ao primeiro sintoma de que alguma deficiência existe.

Os livros sobre o assunto nos dão instruções, fórmulas, gráficos, etc., de como proceder para projetar uma boa antena. A surpresa vem depois, na prática, com as antenas "feitas sob medida", as quais muitas vezes, depois de instaladas, apresentam baixa irradiação e elevada r.o.e. Isto acontece porque as fórmulas matemáticas são válidas para instalações ideais, ou seja, quando a antena é instalada no campo, longe de árvores, paredes, telhados, obstáculos, etc. Essas condições ideais são impraticáveis nas cidades, e o caso se agrava ainda mais para aqueles que residem em apartamentos.

Em tais casos, o mínimo que se deve fazer é procurar instalar a antena tão elevada quanto possível. Se conseguirmos elevar a nossa antena pelo menos a 1/4 de onda, e afastá-la de qualquer obstáculo à sua volta, nessa mesma proporção, já teremos conseguido alguma coisa.

2º) No caso de antenas dipolo, é muito importante que se empregue náilon para os esticadores dos extremos, a fim de evitar perdas de R.F. A linha de alimentação (geralmente coaxial) deve descer perpendicularmente, o tanto quanto possível, ou, no mínimo, na extensão de 1/4 de onda, a contar do isolador central.

Para aqueles que ainda não aprenderam a calcular o comprimento de onda, damos a fórmula (N.A.1):

$$L = \frac{300.000}{f \text{ (em kHz)}} \text{ kHz}$$

Onde L é o comprimento da onda em metros; 300.000, uma constante (a velocidade das ondas hertzianas é de 300.000 km por segundo); f, a frequência, em kHz.

Exemplo: Qual o comprimento de 1/4 de onda, na faixa dos 40 metros?

N.A.1 — Note-se que a fórmula acima não é adequada para o cálculo do comprimento físico de antenas.

A faixa dos 40 abrange de 7.000 a 7.300 kHz. O centro da faixa, para efeito de cálculo prático, seria 7.150 kHz.

Aplicando a fórmula:

$$L = \frac{300.000}{7.150} = 42 \text{ metros (aprox.)}$$

Portanto, 1/4 de 42 seria = 10,5 metros.

3º) Quando se tratar de dipolos de meia onda, leve em consideração que a sua impedância central é, quando completamente livre de obstáculos, de 73 Ω. Na prática, porém, tais antenas se adaptam melhor com cabo de 50 ou 52 Ω, levando-se em consideração que a proximidade de obstáculos tende a diminuir a impedância.

4º) O uso de "balun" (N.R.1) é amplamente recomendável, para a grande maioria dos tipos de antenas, com exceção das verticais. O nome "balun" vem do inglês: BAL ("BALanced") UN ("UNbalanced"), isto é, permite o casamento da antena (elemento simétrico ou "balanceado") com o coaxial (elemento assimétrico ou "desbalanceado").

5º) Se, a despeito de todos os esforços, não tiver sido possível alcançar uma baixa relação de ondas estacionárias (r.o.e.), ou quando notamos que há dificuldade de estabelecermos QSO — pois a nossa antena não está irradiando bem — outra alternativa não nos resta senão a de empregar um acoplador de antena.

Quem ler revistas especializadas, estrangeiras principalmente, vai encontrar uma diversidade de anúncios desses acessórios, amplamente recomendados pelos fabricantes, com os nomes de "Antenna Match", "Antenna Tuner", "Transmatch", "Match Box", etc.

Mas, o que é um acoplador de antena? Qual a sua importância? Como funciona?

Bem, o assunto é extenso. Vamos tentar resumir-lo, com o mínimo emprego de fórmulas matemáticas, para melhor compreensão de todos.

Vamos supor que conseguimos o "milagre" de constatar que a nossa antena apresenta a impedância de 50 Ω, no ponto de alimentação, em determinada frequência; que o coaxial é também de

(*) Engenheiro da "Soundy Indústria Eletrônica Ltda."

N.R.1 — Apesar de já proposta para este dispositivo a denominação de dessimetrizador, continua-se adotando a designação inglesa (balun) com substituição por **eme** do **n** final: balum.

50 Ω , e que a saída de nosso transmissor, idem. Teríamos a situação "Ideal", ou seja, a r.o.e. neste caso estaria em 1:1; toda a potência do transmissor seria irradiada pela antena (sem levarmos em consideração as mínimas perdas apresentadas pelo cabo). Nenhum problema há para se conseguir cabo de 50 Ω (N.R.2). Com o transmissor, também não haverá problema, pois são padronizados para apresentar essa mesma impedância à sua saída (vide observações no final deste artigo). Entretanto, dificilmente se conseguirá que a antena apresente impedância igual à de ambos, ou seja, a "Ideal", quando a Max Eff (máxima eficiência) é condicionada a Z_p ser $= Z_o = Z_s$. Onde Z_p é a impedância do transmissor, Z_o a do cabo, e Z_s a da carga (antena).

Para melhor elucidação, vamos, por analogia, supor que a bala (projétil) de um revólver deve percorrer o cano do mesmo, sendo este último constituído por duas seções em série (Fig. 1).

Digamos que o projétil vai ser impelido pela potência de R.F. do transmissor. O diâmetro do projétil representa a impedância de saída. O diâmetro interno da primeira seção do cano do revólver, a impedância da linha de transmissão. A segunda seção seria a impedância da antena. O alvo representa a estação com a qual desejamos nos comunicar.

Se o diâmetro externo do projétil for igual ao diâmetro interno das duas seções do cano, ele o atravessará sem problemas e alcançará o alvo distante (neste caso, a estação).

Porém, se a segunda seção do cano for de diâmetro menor que o do projétil, este vai encontrar muita resistência quando alcançar a segunda seção. Como, porém, é constituído de chumbo, apesar do atrito, e dada a força que o impele, sem dúvida será projetado em direção ao alvo. Porém, não o alcançará.

O mesmo ocorrerá se invertermos os diâmetros de qualquer um dos três elementos citados.

É isto, por analogia, o que ocorre com o sistema transmissor—linha de alimentação—antena.

N.R.2 — Precauções quanto a cabos coaxiais em total desacordo com a impedância especificada são objeto de artigo do Engº I. Th. Halász, PY2AH, à pág. 621 de E-P de junho de 1980.

O local mais apropriado para a instalação de um acoplador de antena seria na interseção entre o cabo e a antena. Tal prática, porém, somente é viável nas instalações móveis, onde o acoplador ou **adaptador de impedâncias** pode ser localizado próximo à antena (como se descreve mais adiante). Em se tratando de estações fixas, quando a instalação é feita no "shack", o acoplador "vê" a **impedância resultante**, ou seja:

$$Z = \sqrt{Z_s Z_o}$$

Exemplo: vamos supor que Z_s vale 32 Ω , e Z_o , 50 Ω .

$$\therefore Z = \sqrt{32 \times 50} = \sqrt{1.600}$$

$$\therefore Z = 40 \Omega.$$

O nosso transmissor, cuja impedância de saída foi projetada para ser de 50 Ω , não vai se adaptar adequadamente à impedância resultante (40 Ω), a menos que haja **algum meio** de "acomodar" as impedâncias diferentes. Isto é conseguido graças à ação dos **acopladores de antena**.

NECESSIDADE DO USO DO ACOPLADOR

Nos transmissores que ainda adotam válvulas no estágio de potência, o acoplamento ao sistema aéreo é menos crítico, devido à sintonia, que é variável (circuito em "pi"), propiciando, pois, algum ajuste extra, embora dentro de estreitos limites.

Porém, nos transmissores totalmente transistorizados, cuja impedância de saída é fixa e foi projetada para ser de 50 Ω , é altamente recomendável o uso do acoplador de antena. Isto ocorre, por exemplo, nos atuais modelos da Kenwood (TS-120 e TS-180), Yaesu (FT-7 e FT-7B), Drake (TR-7), Atlas (210-X e 215-X), etc. Os próprios fabricantes, zelosos pela eficiência de seus transceptores, recomendam enfaticamente o uso dos acopladores de antena. Tal recomendação é encontrada nos próprios manuais de operação, ou mesmo em publicações separadas (como ocorre, por exemplo, com a Kenwood, que publicou em diversos exemplares do "Ham Radio Magazine" — nov. 1979, pág. 7 — detalhadas explicações e recomendações para o uso de **Acoplador de Antena**, em seus

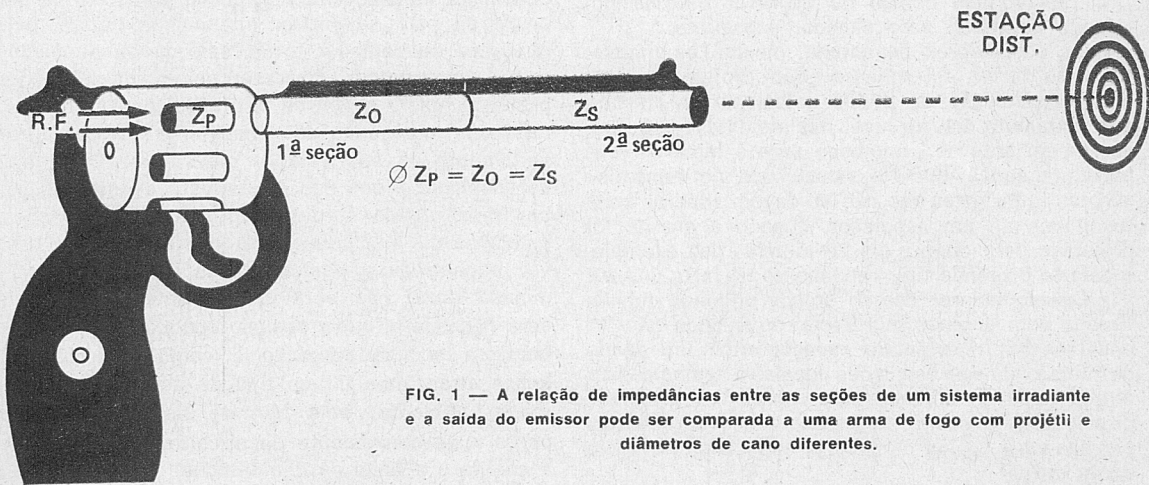


FIG. 1 — A relação de impedâncias entre as seções de um sistema irradiante e a saída do emissor pode ser comparada a uma arma de fogo com projétil e diâmetros de cano diferentes.

aparelhos). Para resumir esses motivos principais, diremos que há necessidade do uso do acoplador: 1º) Porque a impedância foi fixada em $50\ \Omega$, sendo bastante difícil, na prática, encontrar um sistema aéreo com carga idêntica (quando a estacionária seria de 1:1); 2º) Porque, mesmo que fosse possível obter da antena a impedância de $50\ \Omega$, esta seria válida apenas para a frequência de ressonância; a estacionária apareceria nos extremos da faixa; 3º) Porque a potência de saída dos atuais transceptores (principalmente) é função da estacionária apresentada pelo sistema aéreo. Quanto maior a estacionária, menor a saída e maior o risco de avarias dos transistores de potência!

Sem entrar em detalhes de como isto ocorre, vamos apenas dar "uma olhada" na tabela de **Potência Versus Estacionária** (Tabela I), extraída de um manual técnico (transceptor Atlas 210-X):

TABELA I

r.o.e.	X	POTÊNCIA DE SAÍDA (W)
1,0:1	—	100
1,1:1	—	98
1,2:1	—	95
1,3:1	—	90
1,5:1	—	80
2,0:1	—	50
3,0:1	—	20

Por aí vemos que, quando a r.o.e. do sistema aéreo é de 3,0:1, a potência de saída, que normalmente é de 100 W, fica reduzida a apenas 20 W!

O QUE SE DEVE ESPERAR DE UM ACOPLADOR DE ANTENA

Na verdade, a idéia de escrever este artigo nasceu de uma conversa "corujada" em 11 metros. Um operador "PX" espalhava na faixa que estava usando uma direcional para 11 metros e um acoplador de antena. "Com o mesmo podia sair em qualquer faixa, inclusive nas de radioamador, com aquela direcional." Imediatamente tivemos vontade de desmentir ou censurar. Trocamos, porém, a "ira" inicial pelo desejo de escrever este artigo, visando contribuir para elucidar o assunto.

Os acopladores de antena, mesmo os melhores, não fazem tal milagre! São projetados para reduzir a relação de ondas estacionárias, mesmo que estejam a 5:1, ao nível mínimo (1:1), isto sim, porém em antenas projetadas para a faixa correspondente àquela que foi selecionada no transmissor. Isto quer dizer que não se devem esperar bons resultados de um acoplador, quando a antena foi projetada para operar em 20 metros, por exemplo, e dela se pretende tirar rendimento na faixa dos 80!

Os acopladores são de grande utilidade quando usados com antenas multifaixa, ou quando não foi possível, por questão de espaço, erigir um dipolo de meia onda em condições ideais, e também para outros tipos de antenas, tais como: "V" invertido, direcionais, verticais, etc., mesmo que apresentem elevada r.o.e., pelos motivos já explicados no início deste artigo.

Igualmente as antenas do tipo "fio estirado" ("random wire"), tão curtas quanto $1/4$ de onda, podem irradiar perfeitamente bem, com o auxílio dos acopladores. Tal sistema, aliás, é empregado em **todos** os equipamentos de rádio HF, de alta responsabilidade, instalados nos modernos jatos, onde, por motivos óbvios, a sintonia do acoplador é automática. O radioperador escolhe a frequência. O acoplador de antena, que é conjugado a um sistema mecânico-eletrônico, se encarrega de procurar a menor r.o.e., quando então pára automaticamente.

TIPOS DE ACOPLADORES

Os mais antigos usavam um sistema baseado num indutor variável, comandado pelo painel, através de uma manivela. Além do indutor, havia os dois variáveis responsáveis pelas sintonias reativa e resistiva. Tal sistema está quase em desuso pelo motivo de não ser prático. Além da possibilidade de dar sintonias "erráticas", força o amador a perder muito tempo para manejar três controles. Os acopladores mais convenientes são os do tipo **universal**, isto é, podem ser empregados com qualquer modelo de transceptor (observando-se, apenas, a limitação de potência), e também com a maioria das antenas conhecidas. Tais acopladores usam circuitos especiais, onde o indutor variável foi substituído por circuitos previamente calculados (circuitos L/C), selecionados por uma chave, correspondente à faixa de operação desejada. Apenas dois capacitores variáveis, responsáveis pelas sintonias **reativa** e **resistiva**, terão que ser manuseados, o que simplifica a operação. Alguns, mais completos, incorporam wattímetro e medidor de r.o.e.

ACOPLADORES PARA USO MÓVEL

Os acopladores empregados em estações fixas, como os modelos descritos linhas atrás, são geralmente projetados para aceitar cargas (impedâncias resultantes) que variam entre 10 e $250\ \Omega$. Entretanto, as antenas móveis (e também as antenas verticais fixas) são propensas a apresentar impedâncias mais baixas que $50\ \Omega$, podendo mesmo chegar a valores tão baixos quanto $3\ \Omega$. Portanto, **outro tipo** de acoplador, também conhecido como **"adaptador de impedâncias"**, e altamente recomendado para instalação em veículos, pelo fato de ser projetado para selecionar indutâncias baixas, evitando ao radioamador a necessidade de dimensionar o comprimento do cabo, para cada faixa que pretenda usar, e outros artifícios para reduzir a r.o.e. com o objetivo de conseguir o máximo aproveitamento da sua estação móvel em HF. O tipo de acoplador a que nos referimos é constituído por um transformador toroidal com diversas derivações, selecionáveis por intermédio de uma chave. Uma vez encontrada a posição ótima para uma determinada faixa, não será preciso retoques; apenas será necessária outra posição quando se pretender mudar a faixa de operação. E, como nos referimos linhas atrás, este último tipo de acoplador é altamente eficiente, pois permite ser instalado no ponto mais conveniente do circuito, ou seja: entre a antena e a linha de alimentação. ©(OR 1742)