

Antena F Invertido: Uma Solução para Aplicação em Telecomando Embarcado

Cynthia Junqueira e Valéria Leite

Resumo—Da necessidade do uso de antenas de telecomando embarcadas que satisfizessem requisitos de robustez mecânica e térmica para aplicação em veículos de sondagem e aliassem pequenas dimensões e alta confiabilidade, nasceu o interesse de projetar e desenvolver uma antena do tipo F invertido. Comparações entre resultados teóricos e práticos mostram a boa concordância dos cálculos via método dos momentos usando o aplicativo IE3D™ e as medidas práticas num protótipo.

Palavras-chaves—Antenas F invertido, Telecomando, Polarização Linear.

Abstract—From the needs of using on board telecommand antennas that meet the requirements of mechanical and thermal robustness to be applied on sounding rockets and that would also combining small dimensions with high comfiability, the interesting of designing and developing an inverted F antenna arose. Comparisons among theoretical and practical results showed a very good similarity between the method of moment (MOM) calculus using the IE3D™ software and the prototype practical measurements.

Index Terms—Inverted F Antennas, Telecommand, Linear Polarization.

I. INTRODUÇÃO

Antenas embarcadas para comunicação e envio de comandos entre a estação de controle terrestre e veículos de sondagem, vêm sendo utilizadas há muitos anos. A busca de uma solução robusta e eficiente que seja resistente às altas temperaturas, devido ao aquecimento cinético, encontradas em trajetórias de altas velocidades em foguetes de sondagem, gerou o impulso inicial para esta proposta.

A utilização de antenas de microlinha, [1], [2], já comuns em aplicações espaciais, é realizada com substratos que não satisfazem os requisitos de temperatura, necessários, por exemplo, na reentrada, e requisitos de dimensões, devido à aplicação em baixa frequência (434 MHz), embora as antenas de microlinha tenham excelente desempenho com relação ao baixo perfil aerodinâmico, a fácil confecção e ao baixo custo.

Optou-se então, pela realização de uma antena que além de um bom desempenho elétrico apresentasse um perfil adequado para atender os requisitos mecânicos e de temperatura. Uma solução onde a antena fosse de material metálico constituiu a base para este desenvolvimento.

A característica aerodinâmica e a posição no veículo são alguns dos fatores determinantes para o cálculo das temperaturas ao longo do corpo da antena e, conseqüentemente, fator essencial na busca do material metálico adequado a sua fabricação.

Na escolha do material, os fatores importantes a serem considerados são a densidade, calor específico, condutibilidade térmica e temperatura máxima permitida no material para que não se deteriore suas propriedades.

O material escolhido foi uma liga de cobre-berílio (CuBe) de alta resistência mecânica, de condutibilidade térmica em média, quatro vezes maior que o do aço, resistente à corrosão, com temperatura de fusão de aproximadamente 955°C, facilmente soldável e que aceita tratamento superficial como cromo ou níquel eletrolítico, possibilitando o aumento da sua resistência ao desgaste. É também um material de fácil usinagem e manuseio seguro, pois não apresenta riscos de manuseio na sua forma sólida, assim como na maioria das operações de usinagem [3].

A antena foi projetada com o apoio do *software* IE3D Zeland™ [4] utilizando o princípio de uma antena monopolo sobre um plano de terra. Esta ferramenta utiliza método dos momentos para a análise da estrutura da antena e na obtenção dos parâmetros elétricos da estrutura simulada, e calcula a distribuição de corrente sobre os elementos metálicos, dividindo-os em subdomínios com geometria retangular. É possível também determinar as características de impedância de entrada, coeficiente de onda estacionária, perda de retorno, ganho, diagramas de irradiação e diretividade, permitindo ao usuário uma avaliação dos resultados. Neste trabalho, para a confirmação destes valores calculados são apresentados alguns resultados de medidas experimentais.

II. PROJETO DA ANTENA E CONFIGURAÇÃO ESCOLHIDA

A antena proposta funciona como uma antena monopolo de um quarto de comprimento de onda, dobrada sobre o plano de terra, mantendo-se paralela a este como pode ser visualizado na figura 1. É denominada F invertida, pois se assemelha a letra F se observada lateralmente.

A largura de faixa pode ser controlada pela altura (h) da antena em relação ao plano de terra, e também está relacionada ao tipo de aplicação, pois existe um compromisso ótimo entre o perfil aerodinâmico desejado, resistência de irradiação e largura de faixa.

O casamento de impedância é controlado pela distância (d) do ponto de alimentação à borda curto-circuitada da antena ao plano terra.

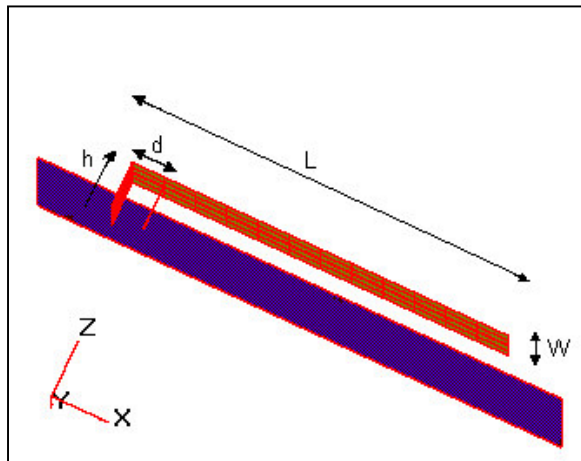


Fig. 1. Vista lateral da antena F invertido

Nas aplicações práticas, utilizou-se um conector SMA de 50 ohms com condutor central longo, que se adequou à distância entre o plano-terra e o monopolo.

A equação básica para a determinação das suas dimensões é mostrada em (1), onde c é a velocidade da luz, L e W são o comprimento e a largura do elemento irradiador respectivamente e a frequência de operação f_r [5].

$$f_r = \frac{c}{4(L+h+W)} \quad (1)$$

A antena foi montada sobre um plano de terra medindo aproximadamente 500 x 500mm. Este é um fator importante a ser considerado quando se realiza a análise teórica utilizando o programa IE3D™ Zeland, pois este permite considerar plano de terra finito.

Na literatura [6] encontram-se técnicas para o aumento de largura de faixa, que aliam elementos irradiadores parasitas, mas devido à aplicação e característica de largura de faixa estreita do receptor de telecomando, não se levou em consideração neste desenvolvimento estas outras configurações.

III. RESULTADOS TEÓRICOS E EXPERIMENTAIS

Como foi dito anteriormente, utilizando o aplicativo IE3D™ e baseando-se num cálculo preliminar via a equação (1) foi desenhado, com o auxílio do programa MGrid, que nada mais é que uma interface de entrada gráfica para o IE3D™, a antena F invertido conforme mostrada na figura 1. A frequência de projeto foi de 434 MHz e as especificações técnicas requeriam $VSWR \leq 2$, sendo considerado que teoricamente antenas deste tipo tem ganho em torno de 3 dBi.

O gráfico do coeficiente de reflexão de entrada versus frequência pode ser visualizado na figura 2, onde o valor mínimo da curva representa a frequência de ressonância da antena com um coeficiente de reflexão de -12,25dB. O VSWR calculado nesta frequência é de 1,64.

Na figura 3, observa-se o diagrama de irradiação, amplitude (dB) versus azimuth para ($\phi=0^\circ$), da antena e na figura 4 o gráfico do resultado do cálculo do ganho versus

frequência. Observa-se que na direção de máximo de irradiação ($\theta = 0^\circ$) o ganho é de 2,81 dBi, sendo que a eficiência de irradiação calculada alcança valores em torno de 93,6%.

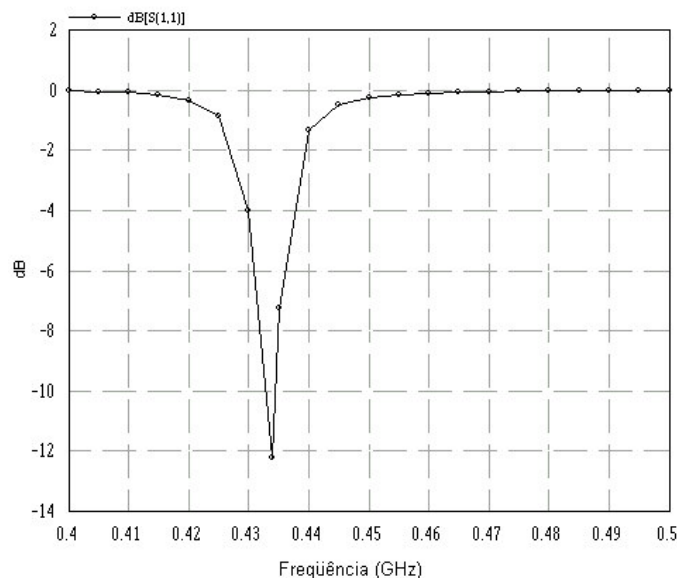


Fig. 2. Coeficiente de reflexão de entrada de entrada versus frequência

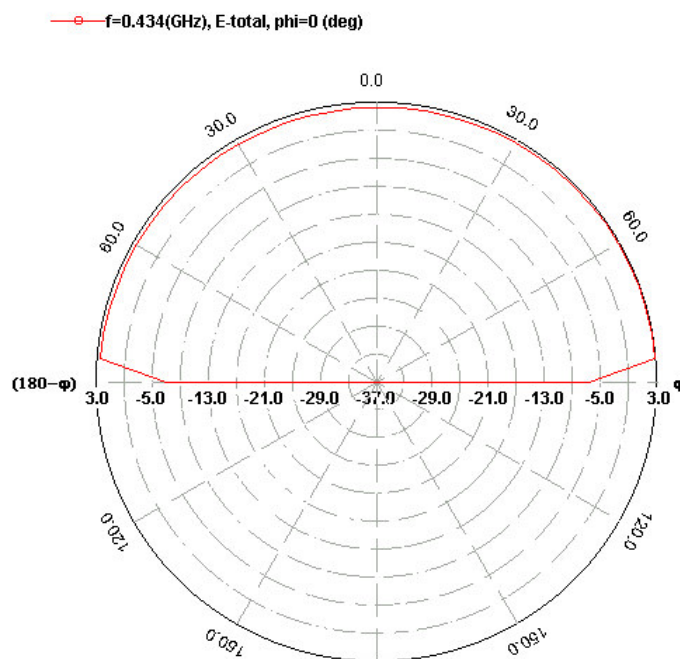


Fig. 3. Diagrama de irradiação teórico.

A partir destes dados foram implementados dois protótipos. O primeiro deles (PT1) foi fabricado com as mesmas dimensões e geometria daquele calculado teoricamente, mostrado na figura 1, o segundo (PT2) com uma geometria mais adequada à utilização aeroespacial, tendo em vista o escoamento aerodinâmico, evitando-se desta forma quinas muito pronunciadas e ângulos retos na parte frontal da antena conforme mostrado na figura 5.

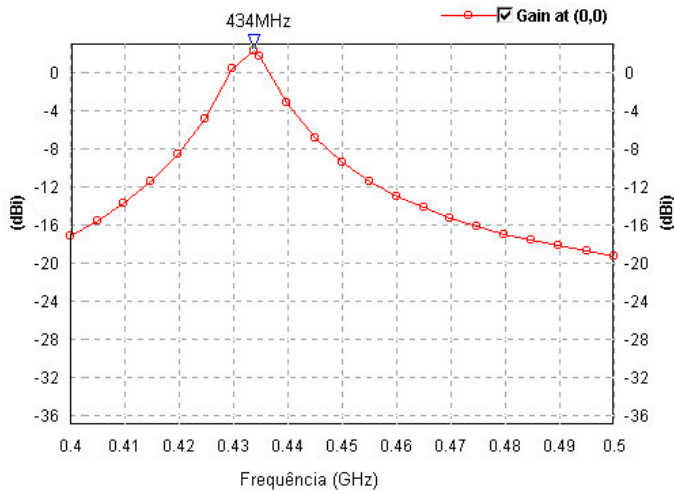


Fig. 4. Ganho teórico versus frequência (dBi x GHz)



Fig. 5. Antena (PT2) implementado.

Na figura 6 é mostrado para a antena PT1 o gráfico do coeficiente de reflexão versus frequência, onde no ponto de mínimo observa-se a frequência de ressonância com coeficiente de reflexão de $-20,7$ dB, sendo que o VSWR medido neste ponto foi de 1,2. Observa-se que a antena medida obteve melhores resultados de VSWR de entrada que aqueles calculados e encontra-se dentro das especificações iniciais.

O diagrama de irradiação foi medido na câmara anecóica do INPE/LIT em azimute ($\phi = 0^\circ$) com a antena fixa a um plano de terra quadrado com dimensões de $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ e pode ser observado na figura 7. Este gráfico mostra um desempenho satisfatório da antena embora podemos observar uma relação frente-costas alta devido às dimensões reduzidas do plano de terra frente à frequência de ressonância. O ganho não foi medido por indisponibilidade de antena padrão no laboratório onde ocorreram os testes. A largura de feixe (3dB) medida foi de 127° .

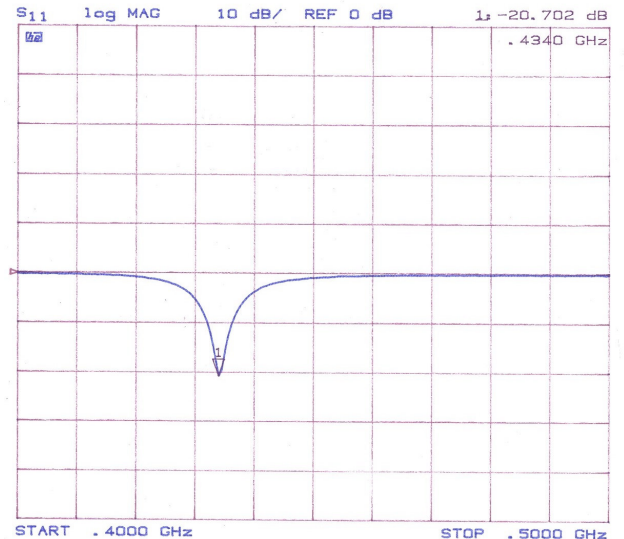
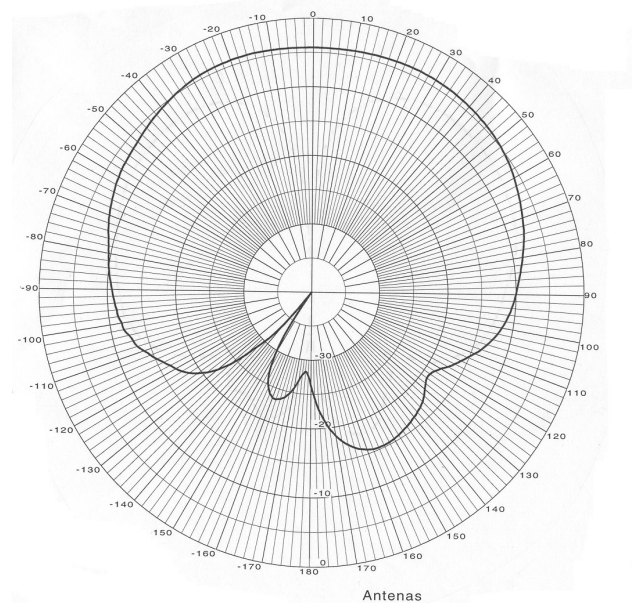


Fig. 6. Gráfico do coeficiente de reflexão versus frequência para a antena PT1.

Para antena PT02 foram realizadas apenas medidas de impedância de entrada, e observou-se que a modificação da geometria, para melhoria da aerodinâmica, não modifica significativamente os resultados VSWR, levando até mesmo a uma melhora dos resultados. O VSWR medido na antena PT2 foi de 1,12. A figura 8 mostra o gráfico de perda de retorno para PT02.

Fig. 7. Diagrama de irradiação magnitude (dB) versus azimute ($\phi = 0^\circ$) para antena PT01

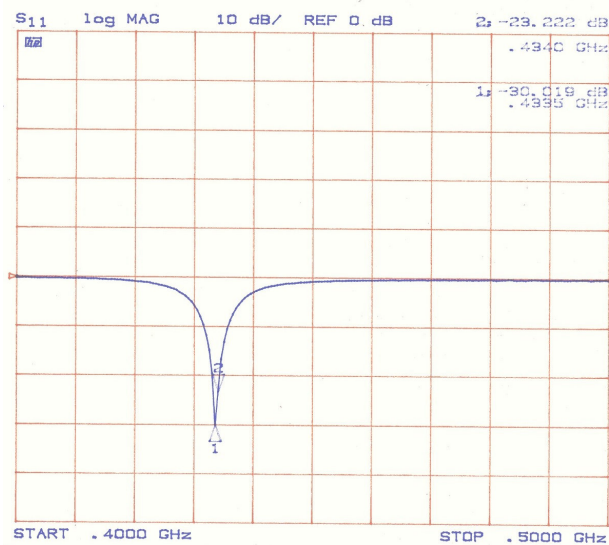


Fig. 8. Gráfico de perda de retorno para a antena PT02.

IV. COMENTÁRIOS E CONCLUSÕES

O interesse em projetar e desenvolver uma antena do tipo F invertido surgiu da necessidade de utilização de antenas de telecomando embarcadas, que satisfizessem requisitos de robustez mecânica e térmica para aplicação em veículos de sondagem e que aliassem pequenas dimensões e alta confiabilidade.

A primeira etapa do projeto constituiu-se na escolha do material para confecção da antena, levando em consideração as condições ambientais as quais ela estará sujeita quando da sua utilização embarcada. A opção do emprego de uma liga de cobre-berílio de alta resistência mecânica e de condutibilidade térmica maior que o do aço, resistente à corrosão, e de alta temperatura de fusão atende satisfatoriamente os requisitos de uso na reentrada da atmosfera.

A ferramenta computacional IE3D™ Zeland se mostrou eficaz na análise das antenas e quando se observam os resultados teóricos e práticos verifica-se boa concordância entre os resultados. Pequenas modificações foram necessárias quando se utilizou a antena PT2, visto que a geometria que melhor atende ao projeto aerodinâmico não foi simulada via o aplicativo IE3D™.

Na continuação deste trabalho prevê-se a realização de ensaios de vibração no protótipo PT2 para melhor qualificar a antena para aplicações aeroespaciais.

REFERÊNCIAS

- [1] Bahl, I.J., Bhartia, P., "Microstrip Antennas", Artech House, 1980.
- [2] Splitt, G. Rodrigues, C.R.P. e Lacava, J.C. da S. "Cylindrical Arrays of Conformal Antennas", International Microwave Symposium, v. II, pp. 609-614, Jul. 1989.
- [3] Brushwellman Engineered Materials "Cobre Berílio", Set. 2001.
- [4] IE3D™ – Eletromagnetic Simulation and Optimization Package, Versão 5, Zeland Softwares Inc., 1999.
- [5] Liu, Z. D., Hall, P.S. e Wake, D. "Dual –Frequency Planar Inverted F Antenna", IEEE Trans. on Antennas and Propagation, v. 45, No. 10, pp. 1451- 1458, Oct. 1997.

- [6] Nakano, H., Ikeda, N., Wu, Y., Suzuki, R., Mimaki, H. e Yamauchi, J. "Realization of Dual Frequency and Wide –Band VSWR Performances using Normal-Mode Helical and Inverted F Antennas", IEEE Trans. on Antennas and Propagation, v. 46, No. 6, pp. 788- 793, Jun. 1998.