

Nº 179895

Simulação e validação experimental de uma antena microstrip

**Gustavo Ramos Felix
Kleber Jesus de Oliveira
Marcelo Sanches Dias**

*Pôster apresentado no
CONGRESSO DE
MODELAGEM, SIMULAÇÃO
COMPUTACIONAL E IA DO
IPT, 1., 2025, São Paulo. 1
slide.*

A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública.
PROIBIDO REPRODUÇÃO



SIMULAÇÃO E VALIDAÇÃO EXPERIMENTAL DE UMA ANTENA MICROSTRIP

G R Felix, K J Oliveira, M S Dias
Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo

Introdução

A evolução dos sistemas de comunicação sem fio tem impulsionado o desenvolvimento de antenas compactas, de baixo custo e com bom desempenho em faixas de frequência cada vez mais utilizadas no cotidiano. Entre as diversas soluções existentes, as antenas microstrip destacam-se por sua simplicidade construtiva, perfil reduzido e facilidade de integração a circuitos impressos, o que as torna ideais para aplicações em dispositivos móveis, redes Wi-Fi, Bluetooth, RFID e sistemas embarcados [1]. As antenas microstrip possuem três camadas principais: um patch condutor, um substrato dielétrico e um plano de terra. Seu funcionamento se baseia na ressonância eletromagnética, na qual o patch atua como cavidade ressonante responsável pela irradiação [2]. O desempenho depende das dimensões do patch e das propriedades do substrato, parâmetros que podem ser calculados por equações que relacionam comprimento efetivo, largura e permissividade elétrica à frequência de operação.

Objetivos

Desenvolver, simular e validar experimentalmente uma antena microstrip para operação em 2,4 GHz, abrangendo desde o cálculo teórico e projeto no HFSS até a fabricação em placa de fenolite, avaliando parâmetros como S11, largura de banda, ganho e diagrama de radiação, a fim de comprovar a consistência entre teoria, simulação e prática.

Metodologia / Modelagem

As antenas microstrip possuem estrutura simples, composta por um condutor superior denominado patch, um substrato dielétrico e um plano de terra na parte inferior. A frequência de ressonância de uma antena patch retangular pode ser aproximada pela expressão [3]:

$$f_r = \frac{c}{2L_{ef}\sqrt{\epsilon_{ef}}} \quad (1)$$

Onde:

f_r é a frequência de ressonância (Hz);

c é a velocidade da luz no vácuo;

L_{ef} é o comprimento elétrico efetivo do patch;

ϵ_{ef} é a permissividade dielétrica efetiva do substrato.

O comprimento efetivo é obtido a partir da soma do comprimento físico e da extensão de franja de campo, dada por:

$$L_{ef} = L + 2\Delta L \quad (2)$$

Sendo ΔL a extensão de franja de campo, calculada por:

$$\Delta L = 0,412h \cdot \frac{(\epsilon_{ef}+0,3)(\frac{W}{h}+0,264)}{(\epsilon_{ef}-0,258)(\frac{W}{h}+0,8)} \quad (3)$$

A permissividade efetiva do substrato é:

$$\epsilon_{ef} = \frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2} \cdot (1 + \frac{12h}{W})^{-1/2} \quad (4)$$

Onde:

r é a constante dielétrica do substrato;

h é a altura do substrato;

W é a largura do patch.

Simulação no Software ANSYS HFSS

Com as dimensões estimadas, a antena foi projetada no software ANSYS HFSS, ferramenta que possibilita a análise eletromagnética tridimensional. Na simulação, avaliou-se o parâmetro S11, que indicou boa adaptação de impedância na frequência desejada, com valor inferior a -10 dB em torno de 2,4 GHz. Também foram analisados a largura de banda, o diagrama de radiação e o ganho da antena, confirmando um comportamento direcional coerente com a teoria. Essa etapa de simulação foi essencial para refinar o projeto e ajustar dimensões que, na prática, sofrem pequenas variações devido ao substrato e à alimentação. As Figuras 1 até 5 mostram esse desenvolvimento.

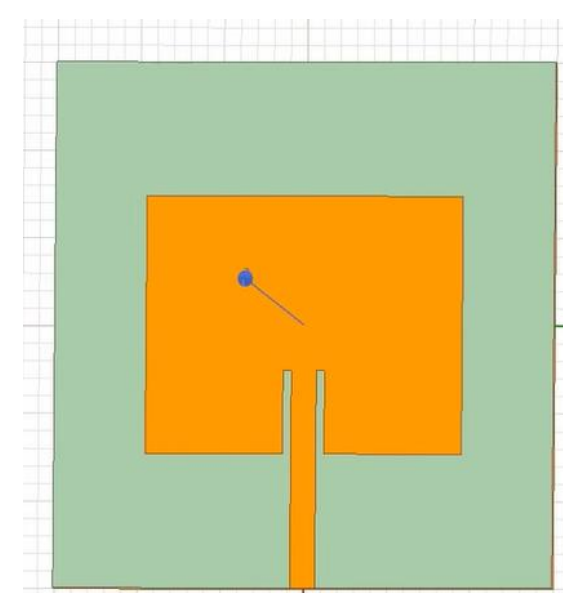


Figura 1. Antena simulada.

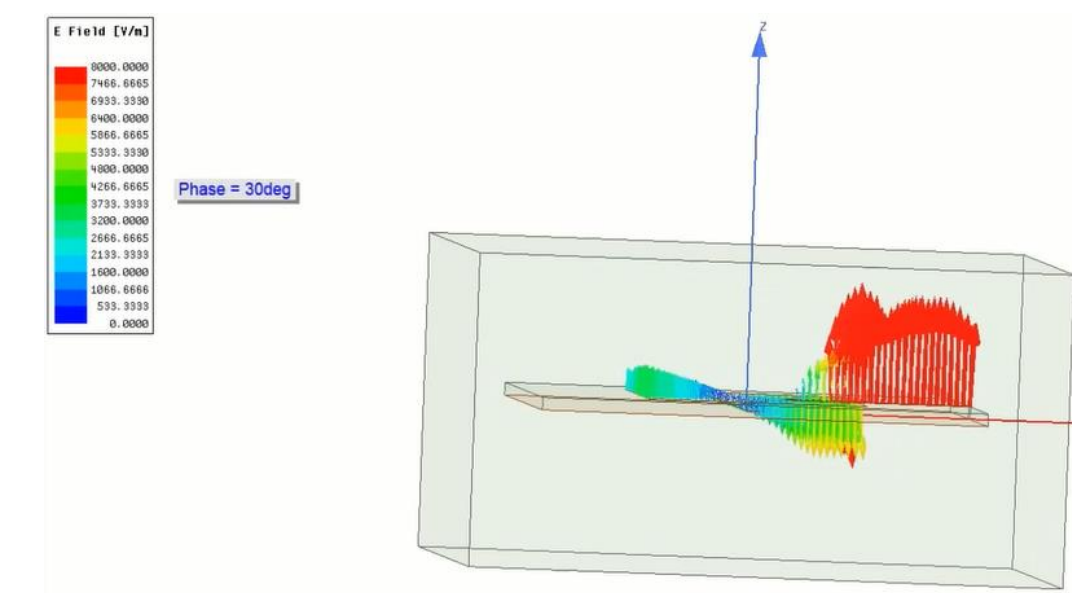


Figura 2. Ondas de propagação na antena.

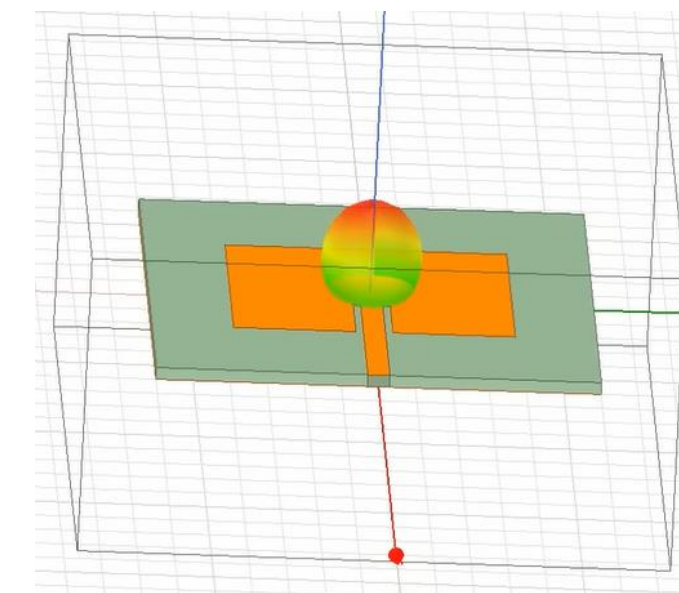


Figura 3. Diagrama de radiação tridimensional.

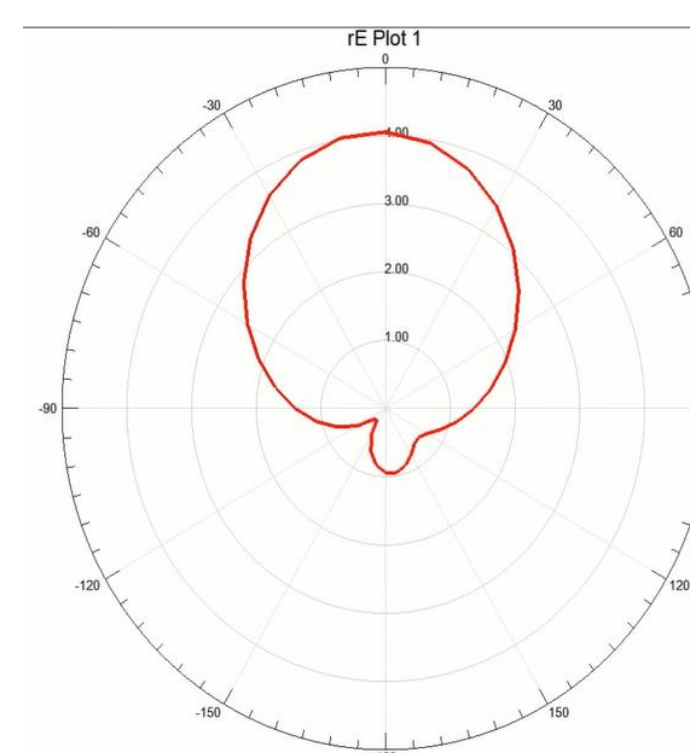


Figura 4. Diagrama de radiação de campo distante da antena.

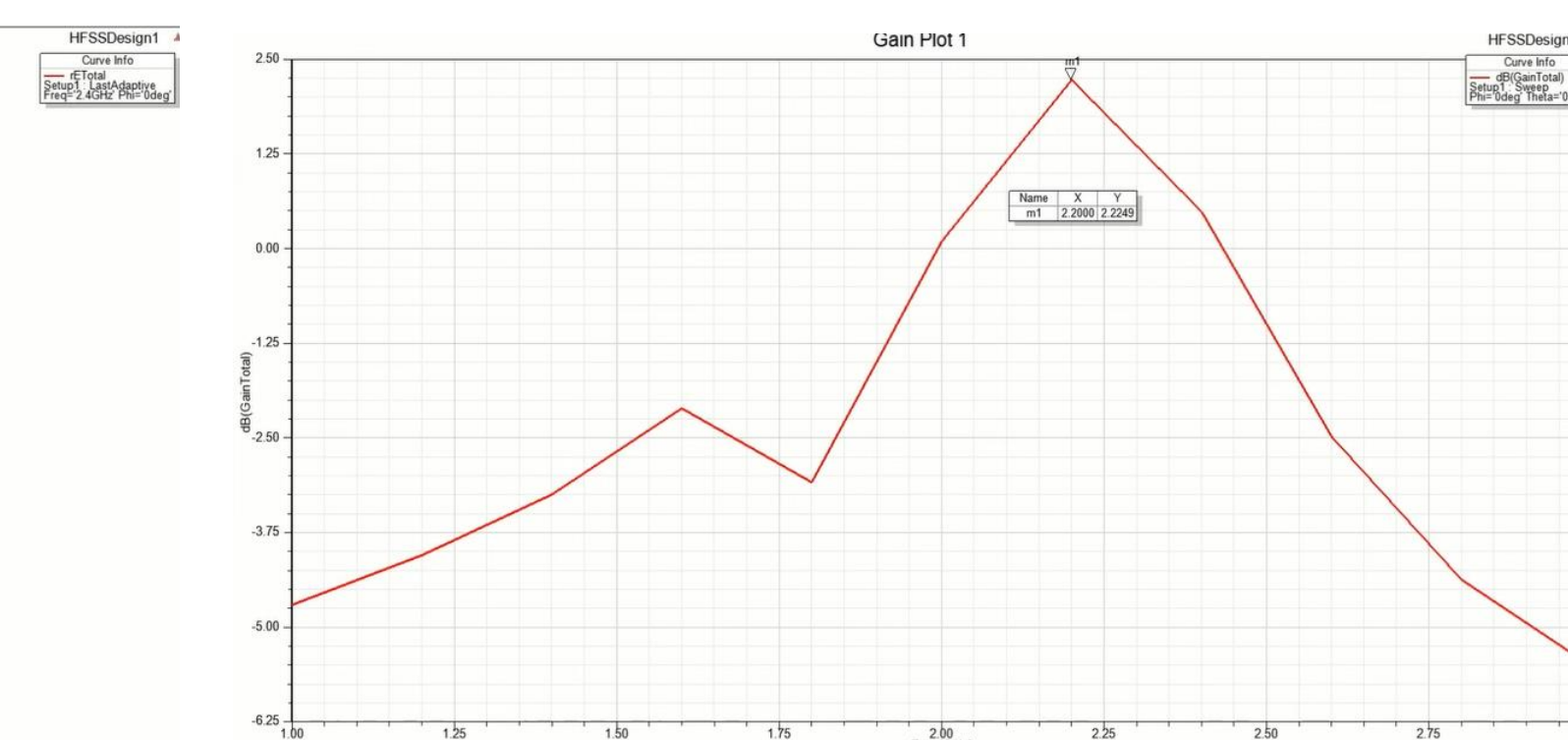


Figura 5. Diagrama de ganho da antena.

A etapa seguinte consistiu na fabricação da antena em placa de fenolite, escolhida pela facilidade de manuseio. O processo envolveu a transferência do layout do patch para a superfície cobreada, seguida da corrosão em percloroeto de ferro ($FeCl_3$) para remoção do excesso de cobre, restando apenas o desenho da antena. Por fim, o conector de entrada foi soldado, finalizando a montagem física.

Resultados e Discussão

A antena projetada no HFSS apresentou ressonância em 2,4 GHz, com retorno de perda em torno de -18 dB, largura de banda de aproximadamente 100 MHz e ganho estimado de 6 dBi. Após a fabricação em fenolite e testes com o NanoVNA, observou-se ressonância prática em 2,5 GHz, com S11 abaixo de -10 dB, garantindo boa adaptação de impedância. O ganho medido ficou entre 4 e 5 dBi, próximo ao previsto.



Figura 6. Antena confeccionada.

Conclusões

Foi possível demonstrar a consistência entre teoria, simulação e prática, comprovando que a metodologia empregada permite não apenas projetar, mas também fabricar e validar experimentalmente uma antena microstrip de forma eficiente e confiável.

Referências

- [1] L. A. de Asis, *Microstrip Antenna Design*. J. Res. Sci. Eng., v.6, n.12, p.8–12, 2024.
- [2] P. L. V. Jannuzzi, *Caracterização de antenas em ambiente anecoico*. UFSC, 2020.
- [3] M. Grilo; F. S. Correra, *Antena patch retangular em substrato têxtil*. CBMag, USP, 2019.

Agradecimentos

Este trabalho contou com o apoio do Instituto de Pesquisa e Tecnologia do Estado de São Paulo. Agradecemos também aos colegas do LGE pela colaboração.