

Nº 179894

Simulação e validação experimental de uma antena microstrip

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

*Trabalho apresentado no
CONGRESSO DE
MODELAGEM, SIMULAÇÃO
COMPUTACIONAL E IA DO
IPT, 1., 2025, São Paulo. 3p.*

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

E-mail para contato: gusthfelix@ipt.br

RESUMO – Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma antena microstrip, abrangendo o cálculo teórico inicial, simulação computacional e validação experimental em bancada. A proposta foi a construção de uma antena que operasse na frequência de 2,4 GHz, muito utilizada em sistemas de comunicação sem fio como Wi-Fi e Bluetooth, explorando tanto a fundamentação matemática por trás do seu funcionamento, quanto os aspectos práticos de projeto, simulação e fabricação.

1 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.

2 DESENVOLVIMENTO

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:

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

Onde:

- ϵ_r é a constante dielétrica do substrato;
- h é a altura do substrato;
- W é a largura do patch.

2.1 Simulação no 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.

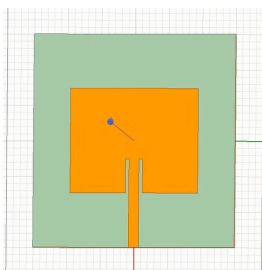


Figura 2: Ondas de propagação na antena.

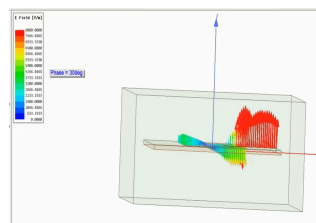


Figura 3: Diagrama de radiação tridimensional.

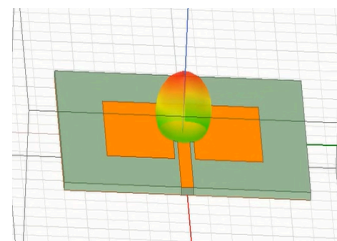


Figura 4: Diagrama de radiação de campo distante da antena.

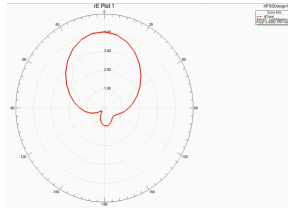
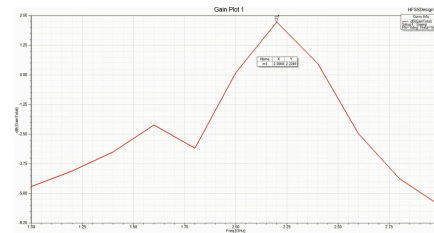


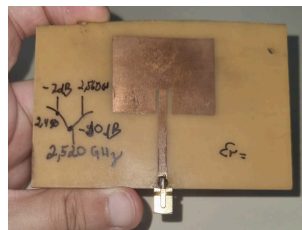
Figura 5: Diagrama de ganho da antena.



2.2 Fabricação 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 para remoção do excesso de cobre, restando apenas o desenho da antena. Por fim, o conector de entrada foi soldado, finalizando a montagem física. A Figura 6 ilustra a montagem final.

Figura 6: Antena confeccionada.



3 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.

4 CONCLUSÃO

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.

5 REFERÊNCIAS

- [1] L. A. de Asis, *Multi Purpose Wireless Communication Antenna Design: Microstrip Antenna*. Journal of Research in Science and Engineering, vol. 6, no. 12, pp. 8–12, 2024.
- [2] P. L. V. Jannuzzi, *Estudo de métodos de caracterização de antenas em ambiente anecoico*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.
- [3] M. Grilo and F. S. Correra, “Antena patch retangular em substrato têxtil alimentada via acoplamento por proximidade,” in *Anais do Congresso Brasileiro de Eletromagnetismo (CBMag)*, São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2019.