

Caracterização experimental de uma antena de microfita *patch* circular com fendas em anel semicircular utilizando o LiteVNA-64

André Aranha, Sandinny Chaves, Ryan Sousa, Leonardo Cruz, Gabriel Ferreira, André Cruz e Andréia Costa

Resumo— Este trabalho apresenta um estudo sobre a inserção de fendas com geometria de anéis semicirculares no *patch* circular de uma antena de microfita. A antena de referência foi idealizada para operar em 2,65 GHz, com um *patch* circular de raio 15,34 mm, sem fendas, alimentado por uma linha de microfita. As simulações no *software* Ansys HFSS mostraram que a inserção do conjunto de fendas no *patch* produz o aparecimento de uma segunda frequência de ressonância, próxima de 4,23 GHz. Um analisador de rede vetorial portátil LiteVNA-64 foi utilizado para caracterizar experimentalmente a resposta da antena.

Palavras-Chave— Antenas de microfita, *patch* circular, fendas semicirculares.

Abstract— This work presents a study on the insertion of semicircular ring-shaped slots in the circular patch of a microstrip antenna. The reference antenna was designed to operate at 2.65 GHz, with a circular patch of 15.34 mm radius, without slots, and fed by a microstrip line. Simulations using Ansys HFSS software showed that inserting the set of slots in the patch generates a second resonance frequency, around 4.23 GHz. A LiteVNA-64 portable vector network analyzer was used to experimentally characterize the antenna's response.

Keywords— Microstrip antennas, circular patch, semicircular slots.

I. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de dispositivos para o sistema de comunicação sem fio avançou consideravelmente nos últimos anos, resultante da necessidade de implementar dispositivos com menor tamanho e peso, operando em múltiplas faixas de frequência, [1]. Tal como, a banda, Industrial, Científico e Médico, ISM (*Industrial, Scientific and Medical*) nas bandas de 900 MHz, 2,4 GHz e 5 GHz podem ser utilizadas nos seguintes padrões: IEEE802.11b, g, n (Wi-Fi), Rede Local Sem Fio, WLAN (*Wireless Local Area Network*), IEEE802.15 (*Bluetooth*), em Rede de Área Pessoal Sem Fio, [2].

Neste contexto, as antenas *patch* em microfita possuem características desejáveis para atender a tais requisitos. Em razão das dimensões reduzidas, perfil baixo, fabricação simples, baixo custo, fácil integração com circuitos eletrônicos, agilidade de frequência, operação multifrequência e flexibilidade de linha de alimentação, [1], [2].

André Aranha¹, e-mail: andrearanha2017@gmail.com; Sandinny Chaves¹, e-mail: s.chaves.ufpa@gmail.com; Ryan Sousa¹, e-mail: ryan.sousa@tucurui.ufpa.br; Leonardo Cruz¹, e-mail: leonardo.cruz@tucurui.ufpa.br; Gabriel Ferreira¹, e-mail: gabriel.lima.ferreira@tucurui.ufpa.br; André Cruz², e-mail: andercruz@ufpa.br; Andréia Costa², e-mail: andreiacosta@ufpa.br. ¹Curso de Engenharia Elétrica, ² Faculdade de Engenharia Elétrica; ^{1,2} Universidade Federal do Pará. Este projeto é parcialmente financiado pelo CNPQ através do projeto PRODOUTOR (renovação) PRO5549-2022.

Neste trabalho é apresentada uma caracterização experimental de uma antena de microfita com *patch* circular convencional, com otimização por inserção de dois pares de fendas em anel semicircular no elemento irradiante. A antena de referência foi idealizada para operar na frequência de 2,65 GHz, com um *patch* circular de raio 15,34 mm, sem fendas, alimentado por uma linha de microfita que combina as técnicas de fenda indentada (*inset-fed*) e transformado de um quarto de onda. As simulações foram realizadas no *software* de simulação eletromagnética 3D da Ansys, HFSS (*High-Frequency Structure Simulator*) na faixa de frequência de 2 GHz a 4,5 GHz. A partir do projeto, foi possível executar a fabricação da antena proposta, e então realizar sua caracterização utilizando um analisador de rede vetorial LiteVNA-64 de baixo custo.

II. PROJETO E FABRICAÇÃO DA ANTENA DE MICROFITA

A antena *patch* circular de referência foi projetada para operar na frequência de 2,65 GHz, utilizando os procedimentos de projeto descritos em [3] e [4]. Para o projeto foi usado o substrato FR4 de baixo custo e tangente de perdas 0,02, com altura $h = 1,5$ mm, constante dielétrica, $\epsilon_r = 4,4$. A antena apresentou um *patch* circular de raio $r \approx 15,34$ mm e alimentada por linha de microfita com a técnica de alimentação híbrida, combinando as técnicas de *inset-fed* e transformador de $(\lambda/4)$, sobre um plano de terra comum [4]. Para otimização da resposta da antena, propõe-se a inserção de fendas com geometria de anéis semicirculares. A configuração geométrica da antena proposta é observada na Fig. 1.

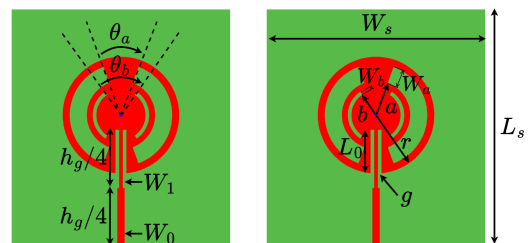


Fig. 1: Configuração geométrica da antena proposta.

Na Fig. 1, as dimensões $W_s = 60,5$ mm e $L_s = 65,4$ mm são, respectivamente, a largura e o comprimento do substrato (e do plano de terra). A linha de microfita possui dois segmentos, o primeiro com largura $W_0 = 2$ mm e o segundo com $W_1 = 1$ mm, ambos com comprimento $L_g/4 = 16$ mm.

As cavidades indentadas possuem largura $g = 1$ mm e comprimento $L_0 = 12,8$ mm. A alimentação no *software* HFSS Ansys foi realizada utilizando uma excitação do tipo *Modal Lumped Port*, com impedância de 50Ω .

A inserção do primeiro par de fendas com geometria de anel semicircular simétricos foi realizada definindo o raio b , a largura W_b e a abertura θ_b dos segmentos de anel. O ajuste empírico das fendas resultou numa melhora substancial da perda de retorno próximo da frequência de 2,64 GHz. Em seguida, foi inserido o segundo par de fendas com geometria de anel semicircular simétricos, pela definição do raio a , da largura W_a e a abertura θ_a dos segmentos de anel, sendo feito o ajuste das dimensões do segundo par de fendas produzindo o aparecimento de uma segunda frequência de ressonância na faixa de 2 a 4,5 GHz. Os parâmetros e dimensões das fendas estão apresentados na Tabela I.

TABELA I: DIMENSÕES DAS FENDAS.

| Parâmetros | Valor | Parâmetros | Valor |
|------------|------------|------------|------------|
| a | 8,71 mm | b | 6,09 mm |
| W_a | 4,7 mm | W_b | 0,8 mm |
| θ_a | 40° | θ_b | 68° |

Para a fabricação do protótipo utilizou-se a impressão do adesivo de recorte colado no substrato FR4, impresso em uma CNC laser, em colaboração com o o Laboratório de Fabricação (FABLAB) do Campus Universitário de Tucuruí (CAMTUC) da Universidade Federal do Pará (UFPA). Para a corrosão foi utilizado a solução de percloroeto de ferro. Na Fig. 2 (a) é visualizada a antena com a máscara adesiva, em (b) o processo de corrosão, e em (c) o protótipo fabricado.

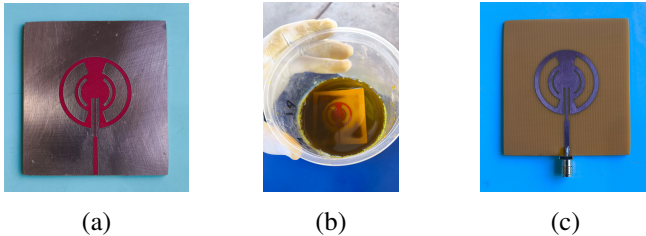


Fig. 2: Processo de fabricação da antena: (a) adesivo colado na placa de FR4, com preparo realizado em CNC laser; (b) placa submersa no percloroeto de ferro; (c) antena fabricada.

III. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Os processos de simulação e medição experimental foram realizados no Laboratório de Eletromagnetismo Aplicado (LEMAG) do CAMTUC. Para a caracterização numérica foi considerado a faixa de frequência de 2,0 GHz a 4,5 GHz, adotado o nível do parâmetro $S_{11} \leq -10$ dB. Para a caracterização experimental utilizou-se o analisador portátil LiteVNA-64, com resultados medidos via interface do *software* VNA-QT. Na Fig. 3 é mostrado o *setup* de medição.

A Fig. 4 mostra a perda de retorno S_{11} para a antena simulada no HFSS: (i) sem fendas, (ii) com o conjunto de fendas, comparando com a (iii) medição da antena fabricada.

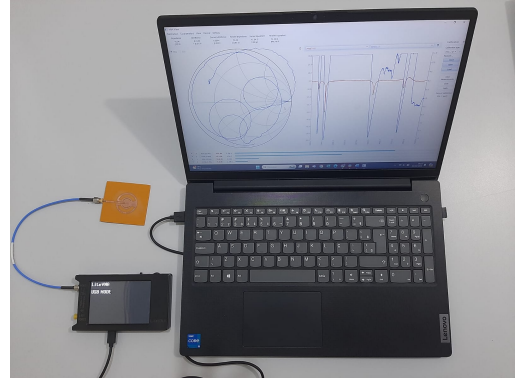


Fig. 3: *Setup* de medição.

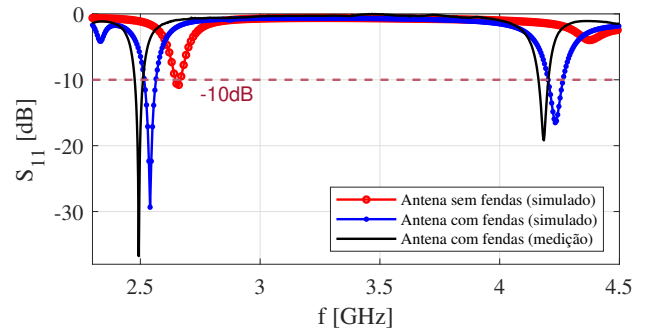


Fig. 4: Comparação da resposta em frequência.

A antena sem fendas apresentou ressonância em 2,65 GHz, com $S_{11} = -10,9$ dB. Na simulação, a inserção das fendas reduziu a perda de retorno, e apresentou dupla ressonância: 2,54 GHz com $S_{11} = -29,33$ dB e largura de banda de 50 MHz, e 4,23 GHz com $S_{11} = -16,51$ dB e largura de banda de 62 MHz. As medições para a antena fabricada estão de acordo com o simulado: 2,49 GHz (1,18% de erro) com $S_{11} = -36,66$ dB e largura de banda de 35 MHz, e 4,18 GHz (1,18% de erro) com $S_{11} = -19,09$ dB e largura de banda de 40 MHz.

IV. CONCLUSÕES

A caracterização experimental mostrou que a antena apresentou Coeficiente de Onda Estacionária, VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*) de 0,25 dB e 1,93 dB, respectivamente, nas frequências de ressonância, estando abaixo da faixa de 2 dB, e portanto, com operação funcional multibanda. Verificou-se que a inserção das fendas melhora o casamento de impedâncias com a técnica 1/4 de onda.

REFERÊNCIAS

- [1] M. A. de Oliveira *et al.*, "Patch antenna bio-inspired on wayfaring-tree (*Viburnum lantana*) for applications in 2.4 GHz," *2017 SBMO/IEEE MTT-S International Microwave and Optoelectronics Conference (IMOC)*, Aguas de Lindoia, Brazil, pp. 1-4, 2017.
- [2] T. Tewary, S. Maity, A. Roy, S. Bhunia, "Wide band microstrip patch antenna with enhanced gain using FSS structure," *Journal of Microwaves, Optoelectronics and Electromagnetic Applications*, Belém, v. 22, n. 2, pp. 329-345, 2023.
- [3] C. A. Balanis, *Antenna theory: analysis and design*. John Wiley & sons, Inc. USA, 2016.
- [4] J. S. souza e J. J. Silva, "Caracterização de antena patch circular usando técnicas de casamento de impedância para faixa de frequência de 2,035 GHz," *Revista Tecnologia*, v. 43, p. 13-13, 2022.