

# Estudo Paramétrico da Antena de Microfita Retangular com Duas Fendas Paralelas.

Felipe Welke, Roger L. Farias, e Marcos V. T. Heckler.

**Resumo**— Este artigo apresenta resultados do estudo de uma antena em tecnologia de microfita com o patch em formato de *E*. Os principais resultados do estudo paramétrico dessa antena são apresentados, destacando-se os efeitos da variação das dimensões da antena.

**Palavras-Chave**— Antenas, antenas de microfita, GSM, telefonia móvel celular.

**Abstract**— This paper presents results obtained from the study of an *E*-shaped microstrip antenna. The main results of parametric analyses are presented and the effects of the variation of the main antenna dimensions are highlighted.

**Keywords**— Antennas, microstrip antennas, GSM, mobile phone systems.

## I. INTRODUÇÃO

Antenas de microfita são amplamente utilizadas, devido ao seu baixo perfil aerodinâmico, baixo peso e baixo custo. Antenas convencionais com o *patch* retangular têm como inconveniente largura de banda estreita. A faixa de operação pode ser aumentada usando um substrato com baixa constante dielétrica, introduzindo-se algum elemento parasita, ou modificando-se a forma do elemento irradiador pela inclusão de fendas. No presente estudo, além de introduzir uma camada de ar, foi estudada a inclusão de duas fendas ao *patch*, deixando-o com o formato de um *E*.

A fim de entender melhor o comportamento deste modelo de *patch*, bem como a determinação de suas frequências de operação e impedância de entrada, foram realizados diversos estudos paramétricos através da variação das dimensões da antena. Para isto, o software *Ansoft Designer* foi empregado. As seções seguintes descrevem os principais resultados obtidos.

## II. ANTENA DE MICROFITA RETANGULAR COM DUAS FENDAS PARALELAS

A fim de cobrir todas as faixas de frequência utilizadas pelas operadoras de telefonia celular no Brasil, esta topologia de antena de microfita deve operar em duas bandas de frequência: 824 a 960 MHz e 1710 a 2165 MHz. A operação em duas faixas de frequência é possível com a geometria em *E*, pois duas fendas paralelas posicionadas simetricamente em relação ao ponto de alimentação são incorporadas para perturbar o caminho da densidade superficial de corrente. As

fendas introduzem um efeito indutivo local que é responsável pela excitação de um segundo modo de ressonância. A forma do *patch* assemelha-se à letra *E*, conforme mostrado na Fig. 1. O comprimento e a largura das fendas, bem como do braço central da antena, controlam a frequência do segundo modo de ressonância, tornando possível operação em dupla-faixa ou em banda larga simples.

Para entender os dois modos de operação, faz-se necessária uma análise da distribuição de corrente superficial sobre o *patch*. As correntes de fluxo partem do ponto de alimentação para as extremidades superior e inferior. Na parte do meio do irradiador, a corrente flui como em um *patch* retangular convencional, que pode ser representado pelo circuito equivalente da Fig. 2. A frequência de ressonância é determinada por  $L_1C_1$ , que representa o circuito inicial e ressoa na frequência mais baixa. Nesta frequência de ressonância, a impedância do circuito série *LC* é zero, e a impedância de entrada da antena é dada pela resistência *R*. Através da variação da localização da alimentação, o valor de *R* pode ser controlado de tal modo a obter-se casamento com a impedância do cabo coaxial de alimentação.

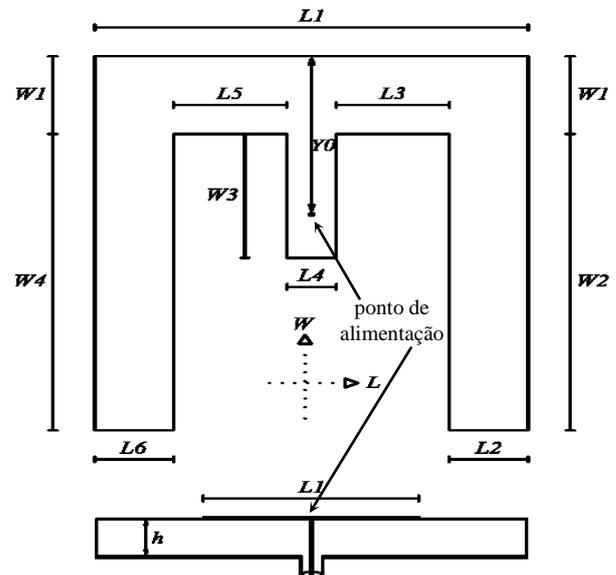


Fig. 1. Vista superior e seção transversal do *patch* em forma de *E*.

Quando um par de fendas é incorporado à estrutura, a corrente tende a fluir na parte da borda do *patch* em torno das fendas e o comprimento do caminho da corrente é aumentado. O circuito equivalente deve, portanto, ser modificado para a forma mostrada na Fig. 3. A segunda frequência de

ressonância mais alta é determinada por  $L_2C_2$ . A largura da antena controla a frequência de ressonância mais alta, enquanto as fendas controlam a frequência inferior.

Se as duas frequências ressonantes forem muito diferentes, a reatância da antena fora dessas frequências pode ser bastante elevada, resultando em uma característica dupla-faixa. Se as duas frequências de ressonância forem próximas uma da outra, o modo paralelo ressonante pode afetar o comportamento do coeficiente de reflexão. Para isso, foi realizado um estudo paramétrico, onde verifica-se como a variação dos parâmetros da antena afeta os valores de  $L_2$  e  $C_2$ .

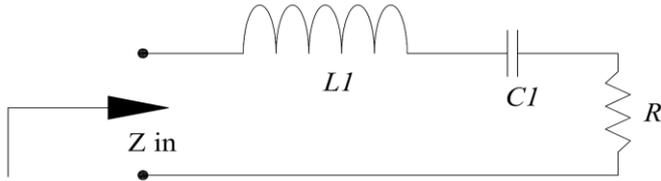


Fig. 2. Circuito equivalente do braço central (maior frequência).

A. *Variação das dimensões da antena.*

A antena é alimentada por uma prova coaxial de 50 ohms. Um substrato com permissividade dielétrica de 3,56 mm, espessura de 1,524 mm, e uma camada de ar de 35 milímetros são empregados para o projeto da antena. As dimensões do irradiador são:  $L_1 = 103,22$  mm,  $L_2 = 18,74$  mm,  $L_3 = 27$  mm,  $L_4 = 11,74$  mm,  $L_5 = 27$  mm,  $L_6 = 18,74$  mm,  $W_1 = 26,74$  mm,  $W_2 = 102$  mm,  $W_3 = 42,64$  mm,  $W_4 = 102$  mm,  $Y_0 = 58,38$  mm,  $h = 35$  mm.

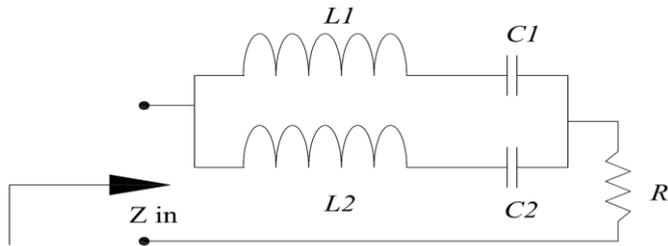


Fig. 3. Circuito equivalente aos braços laterais (menor frequência).

Após diversas simulações, foram obtidas as seguintes conclusões:

**Variação de  $W_2$  ou  $W_4$ :** Aumentando-se o comprimento da fenda ( $W_2$  ou  $W_4$ ), a indutância  $L_2$  do circuito equivalente da antena irá aumentar, porque o desvio de corrente superficial em torno das aberturas será mais intenso. Assim, a frequência de ressonância do segundo modo diminui.

**Variação de  $L_3$  ou  $L_5$ :** Quando a largura das fendas ( $L_3$  ou  $L_5$ ) aumenta, ocorre um efeito indutivo local, que força a corrente a fluir contornando as fendas. Quanto maior for a fenda, maior será a indutância  $L_2$ . Assim, a frequência de ressonância do segundo modo de ressonância diminui com uma fenda mais larga. A frequência de ressonância do modo ressonante fundamental é pouco afetada.

**Variação de  $L_4$ :** O braço do centro da antena proporciona um ajuste de capacitância. Alargando-se o braço central, aumenta-se a capacitância  $C_2$ . A frequência de ressonância do segundo modo ressonante diminui quando  $L_4$  aumenta.

**Variação de  $W_3$ :** Com o aumento do comprimento do braço central da antena, a frequência do segundo modo de

ressonância é aumentada. A antena apenas apresenta o modo de ressonância fundamental quando  $W_3$  for muito pequeno.

**Variação de  $L_1$ :** Como  $L_1$  representa as dimensões totais da antena, sua alteração influencia apenas no acréscimo ou decréscimo do modo resistivo.

**Variação de  $W_1$ :** Como pode ser visto na Fig. 4, na medida em que é aumentada a espessura de  $W_1$ , a resistência e a indutância aumentam, enquanto que a capacitância diminui.

**Variação de  $Y_0$ :** Se o ponto de alimentação está localizado na ponta do braço do centro, o segundo modo ressonante vai ser introduzido numa frequência menor do que o modo de ressonância inicial. Se ele for mudado para a base do braço, o segundo modo de ressonância será introduzido em uma frequência maior do que a ressonância do modo fundamental.

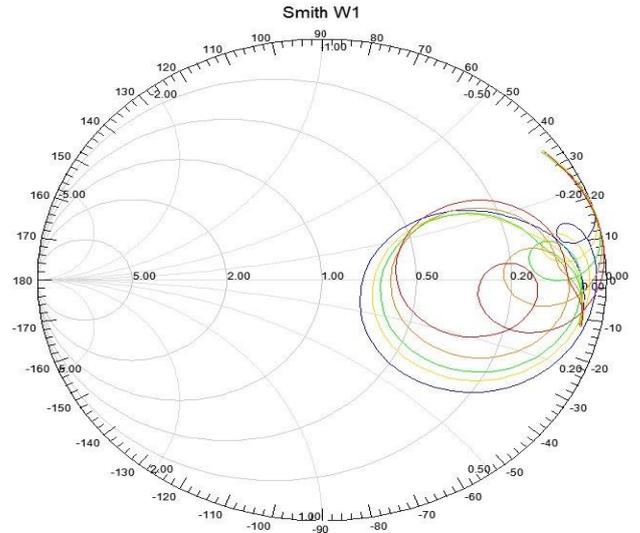


Fig. 4. Carta de Smith referente à variação de  $W_1$ , onde as cores vermelha, laranja, verde, amarelo e azul representam, respectivamente,  $W_1 = 5$  mm, 14 mm, 25 mm, 35 mm e 47 mm.

III. CONCLUSÕES

O estudo paramétrico apresentado fornece um resumo sobre os efeitos das diversas dimensões da antena em forma de  $E$ . Quando o comprimento das fendas for pequeno, a antena apresentará apenas uma frequência de ressonância. Quando se aumenta o comprimento das fendas, outro modo ressonante de frequência mais baixa se estabelece. Quanto maior for o comprimento das fendas, menor será a segunda frequência de ressonância.

Nesse artigo foram apresentados resultados preliminares sobre a otimização de uma antena em  $E$ . A partir dos resultados obtidos nesse estudo, pretende-se, ainda, dimensionar a antena para operação nas bandas de frequência alocadas ao sistema de telefonia móvel celular no Brasil.

REFERÊNCIAS

- [1] F. Yang, X.-X. Zhang, X. Ye, and Y. Rahmat-Samii, "Wide-band E-shaped patch antennas for wireless communications", *IEEE Trans Antennas Propagat.*, vol. AP-49, No. 7, pp. 1094-1100, Jul. 2001.
- [2] K.-L. Wong and W.-H. Hsu, "A Broad-band rectangular patch antenna with a pair of wide slits", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-49, No. 9, pp. 1345-1347, Sep. 2001.
- [3] B.-K. Ang and B.-K. Chung, "A wideband e-shaped microstrip patch antenna for 5 - 6 GHz wireless communications," *Progress In Electromagnetics Research*, Vol. 75, 397-407, 2007.