

Antena Vivaldi com envoltória modificada

Matheus S. Ferreira, Gabriel T. L. Garcia, Erik F. Silva e Kesia C. Santos

Resumo— Considerando a necessidade de incrementar a largura de banda de antenas, propõe-se neste artigo uma modificação na antena Vivaldi clássica pela inserção de modificadores circulares em seu perfil exponencial. Os resultados de simulação apresentados mostram que essa alteração provocou um aumento de largura de banda da ordem de 15,7% em relação à estrutura clássica. Também observou-se uma redução da frequência mais baixa de operação de aproximadamente 100 MHz.

Palavras-Chave— Micro-ondas, Antenas, Imagens médicas, Eletromagnetismo.

Abstract— Considering the need for increasing the bandwidth of antennas, this article proposes a modification to the classic Vivaldi antenna by inserting circular modifiers into its exponential profile. The presented simulation results show that this alteration caused an increase in bandwidth of approximately 15,7% compared to the classic structure. Additionally, a 100 MHz reduction in the lowest operating frequency was observed.

Keywords— Microwaves, antennas, medical imaging, electromagnetism.

I. INTRODUÇÃO

Reconhecidas por sua alta diretividade, ganho e largura de banda, as antenas Vivaldi são amplamente utilizadas por exemplo na área de imagiologia por micro-ondas [1]. As características desejáveis da antena Vivaldi que a tornam uma opção nesta área são a sua alta diretividade, boa estabilidade de ganho em frequência e largura de banda elevada [2]. A diretividade permite uma focalização precisa do feixe de micro-ondas, a estabilidade de ganho em frequência permite que a resposta tenha boa uniformidade em toda a faixa, enquanto a largura de banda elevada possibilita a detecção de objetos ocultos a diferentes profundidades. A largura de banda elevada da antena Vivaldi é fator crucial para se analisar diferentes tipos de materiais e estruturas anatômicas, sendo a largura de banda da antena objeto de análise deste artigo.

Tomando ainda o exemplo de geração de imagens por micro-ondas, há que se considerar que as medidas são realizadas na região de campos próximos. Neste tipo de aplicação a antena funciona como um sensor, que emite o sinal e capta a resposta refletida pelo objeto. Para que diferentes características do objeto possam ser devidamente detectadas, é necessário que o sensor interfira o mínimo possível na detecção, assim sendo, sua dimensão é fator determinante para o bom desempenho do sistema. Faz-se assim necessário estabelecer uma razão de compromisso entre a largura de banda e a dimensão da antena sensor, daí a necessidade de buscar técnicas que permitam o aumento da largura de banda sem o aumento da dimensão física da antena sensor.

A antena proposta neste artigo altera um fator da estrutura da antena Vivaldi clássica, o formato de sua envoltória exponencial. Para verificar especificamente o efeito de uma perturbação controlada na envoltória exponencial da antena, foram realizadas simulações e comparados os resultados da estrutura proposta e da antena padrão. Foram mantidas as mesmas dimensões entre a estrutura clássica e a proposta. Os resultados apresentados levam a crer que a alteração da envoltória é viável em aumentar a largura de banda e em reduzir a frequência mais baixa da antena.

II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O projeto da antena Vivaldi clássica é amplamente referenciado, neste artigo foi considerado o equacionamento descrito em [3]. No projeto, inicialmente deve-se calcular a impedância característica da linha de alimentação, conforme destacado em (1),

$$Z_0 = \frac{\sqrt{60}}{\epsilon_r} \ln \left[\frac{4H}{0,67\pi(T + 0,8W)} \right] \quad (1)$$

em que Z_0 é a impedância característica da linha de alimentação, Z_0 a impedância característica da *stripline* (Ω), ϵ_r a permissividade relativa do dielétrico, H a espessura do substrato (nm) T a espessura do dielétrico (nm).

As antenas Vivaldi têm uma característica marcante, que é a sua envoltória exponencial. A envoltória exponencial ajuda a minimizar as reflexões do sinal e maximizar a largura de banda da antena. A equação de desenho da envoltória é apresentada em (2).

$$y(x) = ce^{Kax} \quad (2)$$

em que os valores da constante c e da taxa de abertura K_a são,

$$c = \frac{s}{2} \quad (3)$$

e

$$K_a = \frac{1}{L_a} \ln \left(\frac{W_a}{s} \right) \quad (4)$$

em que W_a e L_a são a largura e comprimento da abertura, s é a largura do *slot*. É isto que garante uma resposta em frequência uniforme em banda larga. A envoltória exponencial também propicia um feixe mais diretivo e característico de antenas Vivaldi. A alteração de envoltória foi realizada subtraindo cobre da envoltória em formatos de círculos com centros localizados ao longo da linha exponencial.

A opção pelos círculos foi tomada para manter uma envoltória suave e a remoção foi realizada para aumentar a dimensão da linha de envoltória sem alterar as dimensões da antena. Assim, dois modelos foram criados, cada um considerando círculos.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

O modelo padrão de antena foi desenvolvido por meio de simulações realizadas no ANSYS Electronics Desktop, operando em uma faixa de frequência menor. Sua otimização resulta em uma faixa de operação entre 3,40 GHz e 5,49 GHz, com uma largura de banda de aproximadamente 2,08 GHz.

A Figura 1 apresenta a antena Vivaldi de referência, neste caso foi projetada uma linha de alimentação em formato "L" com inclinação de 90° para minimizar a influência do cabo na medição e projetada em substrato FR-4, suas dimensões físicas são $L \times W = 40,0 \text{ mm} \times 37,0 \text{ mm}$, $MW = 2,9 \text{ mm}$, $sL = 6 \text{ mm}$, $X = 13,45 \text{ mm}$, $Y = 13,39 \text{ mm}$, $Z = 20,0 \text{ mm}$, $S = 0,50 \text{ mm}$.

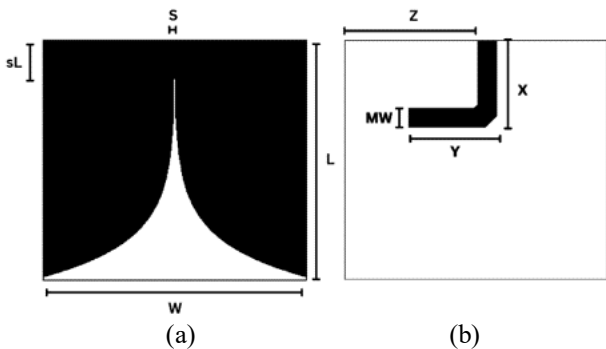


Figura 1 – Parâmetros de projeto da Vivaldi Padrão, (a) Frente e (b) Verso.

A Figura 2 apresenta a antena Vivaldi de referência e as alterações propostas. As modificações subsequentes foram introduzidas para expandir as capacidades da antena padrão. Dois modelos foram criados com base nas dimensões originais da antena padrão, diferenciando-se pela inclusão de slots em formatos circulares. Esses slots foram estrategicamente posicionados e removidos da abertura cônica do irradiador exponencial. A inserção desses slots circulares visou otimizar determinadas propriedades da antena, com a finalidade de alcançar um aumento na largura de banda.

No modelo 1, foram adicionados um total de 7 slots circulares em cada lado, com um raio de 1,25 mm para cada círculo. O modelo 2 também possui 7 slots em cada lado, cada um com um raio de 1,50 mm. Para validar o desempenho dos modelos, foram realizados cálculos e simulações numéricas. Os resultados numéricos obtidos foram comparados para verificar a eficácia das modificações introduzidas nos modelos de antena.

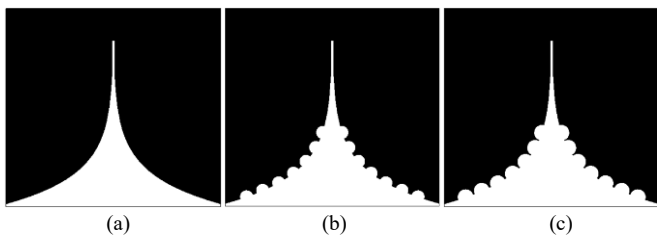


Figura 2 - (a) Modelo Padrão, (b) Modelo 1 e (c) Modelo 2

IV. RESULTADOS

A partir dos resultados apresentados na Figura 3, observa-se que a antena modelo 1 possui uma largura de banda de 2,09 GHz, enquanto a antena modelo 2 exibe uma largura de banda ligeiramente superior, totalizando 2,21 GHz. Essa diferença na

largura de banda entre os modelos sugere um aumento percentual de aproximadamente 5,88% na largura de banda ao passar da antena modelo 1 para a antena modelo 2.

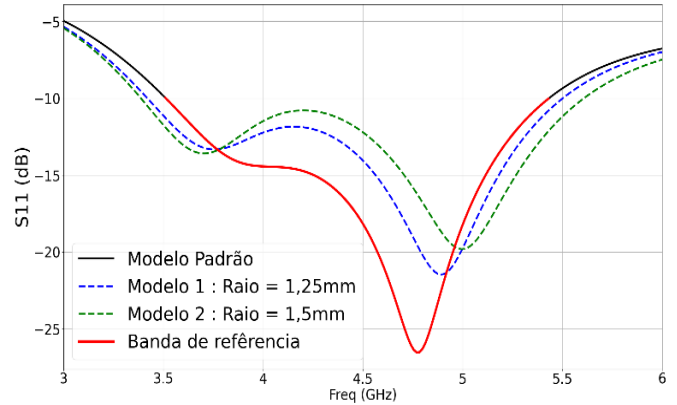


Figura 3 – Parâmetro S11 das três curvas características simuladas no Ansys HFSS.

Quando comparados os resultados de largura de banda com aqueles provenientes da antena de referência, cuja largura de banda de 1,92 GHz, é possível verificar que ambos os modelos propostos superam esse valor. A antena modelo 1 registra um aumento percentual de cerca de 8,33%, enquanto a antena modelo 2 apresenta um aumento ainda maior, de aproximadamente 15,10%.

Em relação à frequência mais baixa, ambas as antenas modelo 1 e modelo 2 demonstram uma redução percentual em relação à antena de referência. A antena modelo 1 apresenta uma redução de cerca de 2,85%, enquanto a antena modelo 2 tem uma redução percentual ainda maior, de aproximadamente 3,42%. Esses resultados indicam que os modelos 1 e 2 conseguem operar em frequências um pouco mais baixas que a referência.

V. CONCLUSÕES

Conforme observado, a estrutura proposta foi eficaz em aumentar a largura de banda em 15,7% quando comparada à estrutura clássica, além de reduzir a frequência mais baixa em 3,5 %. A possibilidade de manter as dimensões da antena e os resultados obtidos estimulam a continuidade da pesquisa em verificar outras formas de alteração da envoltória da antena Vivaldi clássica, bem como a validação dos resultados pela construção e caracterização das estruturas propostas.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho tem o suporte financeiro do IFPB através do Projeto Conecta Mais Q-Inova Chamada Nº 38/2023 do IFPB.

REFERENCIAS

- [1] K. C. Santos, C. A. Fernandes e a. J. R. Costa, "Validation of a Compact Microwave Imaging System for Bone Fracture Detection," IEEE Access, vol. 11, pp. 63690-63700, 2023.
- [2] C. Uyanik, S. Demirel e a. İ. Akduman, "Miniaturized coplanar Vivaldi antenna design for brain imaging," Microwave and Optical Technology Letters, 2023
- [3] G. K. Pandey, H. S. Singh, P. K. Bhart, A. Pandey e a. M. K. Meshram, "High Gain Vivaldi Antenna for Radar and Microwave Imaging Applications," International Journal of Signal Processing Systems, vol. 3, June 2015.