



## DESENVOLVIMENTO DE UMA ANTENA VIVALDI ANTIPODAL COM CAVIDADES LATERAIS UTILIZANDO FRACTAL DE SIERPINSKI PARA MELHORAMENTO DOS PARÂMETROS DE RADIAÇÃO

Raimundo Eider Figueredo<sup>1</sup>, Gustavo F. Vicentine<sup>1</sup>, José Mario Dionizio Jr.<sup>1</sup>, Lucas Paraventi G. C. de Medeiros<sup>1</sup>, Gustavo Costa P. da Silva<sup>1</sup>, Marco Antonio B. Pinto<sup>1</sup>, Auzuir R. de Alexandria<sup>1,2</sup>, Marcelo B. Perotoni<sup>1,3</sup>, João F. Justos<sup>1,4</sup>, Nurhayati<sup>1,5</sup>, Alexandre Maniçoba de Oliveira<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Laboratório Maxwell de Micro-Ondas e Eletromagnetismo Aplicado (LABMAX), Instituto Federal de São Paulo, Brasil, {raimundo, gustavo, josemario, m.antonio, paraventi, jjusto, amanicoba}@labmax.org, costa.gustavo@aluno.ifsp.edu;

<sup>2</sup>Instituto Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil, auzuir@labmax.org;

<sup>3</sup>Universidade Federal do ABC, Brasil, marcelo.perotoni@ufabc.ed.br;

<sup>4</sup>Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Brasil.

<sup>5</sup>Departamento de Engenharia Elétrica, Universitas Negeri Surubaya (UNESA), Surubaya, Indonésia, nurhayati@unesa.ac.id

**Resumo** – Este artigo apresenta uma Antena Vivaldi Antipodal (AVA) com cavidades laterais de geometria fractal do Tapete de Sierpinski com objetivo de reduzir o estrabismo e os níveis de lóbulos laterais e aumentar o ganho em relação a AVA convencional. Para desenvolvimento do design e obtenção dos resultados foi utilizado o software ANSYS HFSS, que demonstrou a obtenção de ganho de 8,47 dB, nível de lóbulos laterais de -14,98 dB e estrabismo de 0,0 graus, atingindo o objetivo proposto.

**Palavras-chave:** Antenas Planares; Banda Ultra Larga; Ganho; Níveis de Lóbulos Laterais.

### INTRODUÇÃO

As antenas são dispositivos capazes de radiar e receber ondas eletromagnéticas. Porém, as propriedades dielétricas dos materiais de sua estrutura assim como as microlinhas de transmissão afetam seu desempenho [1]. No caso da Antena Vivaldi Antipodal (AVA) a redução da eficiência está relacionado, principalmente, ao substrato.

A AVA se destaca por sua usabilidade em sistemas de Banda Ultra Larga (*Ultra Wide Band* - UWB) devido suas características de custo e consumo reduzido, estrutura leve e plana e a facilidade de integração com os sistemas [2], [3]. Pode ser visto a AVA aplicada em sistemas aeroespaciais [1], de radares [2], de tomografia por micro-ondas [4] e de comunicação 5G [5].

Porém as longas bordas laterais da AVA geram elevados níveis de lóbulos laterais (*Side Lobe Level* – SLL), que causam estrabismo e prejudicam a eficiência [6]. Com intuito de reduzir o SLL, melhorar o ganho e eliminar o estrabismo, este trabalho propõe utilizar a técnica construtiva de cavidades radiantes [4], [6], [7], aplicando entalhes laterais com geometria do fractal conhecido como Tapete de Sierpinski na AVA convencional.

Este artigo está dividido nas Seções, Desenvolvimento, na qual são apresentados os parâmetros e dimensões das antenas, Resultados e Discussões, que dispões sobre os resultados obtidos por meio de simulação computacional numérica e, por fim, a Conclusão.

### DESENVOLVIMENTO

A AVA convencional e a antena proposta denominada de TS-FSE-AVA, em que TS é o fractal Tapete de Sierpinski e o FSE é a técnica construtiva de cavidade radiante *Fractal Slot Edge* utilizada por [4] e [7], foram projetadas no ambiente numérico computacional eletromagnético ANSYS HFSS.

Baseada no trabalho de [8], a AVA, apresenta um volume de 1,6 x 150,0 x 150,0 mm<sup>3</sup> que, é igual em

TS-FSE-AVA e, ambas as antenas utilizam o substrato FR4 com constante dielétrica 4,3 e conector SMA de 50 Ω para fins de simulação. Para isso, ao projetar foi necessário realizar a correspondência de impedância entre a micro-linha de transmissão e o conector para evitar perdas por reflexão das antenas [1].

A Fig. 1 apresenta os parâmetros e o design da AVA e TS-FSE-AVA. A antena proposta usou o fractal Tapete de Sierpinski com duas iterações utilizando a razão de 1/3. Já a Tabela 1 mostra as dimensões e seus respectivos parâmetros.

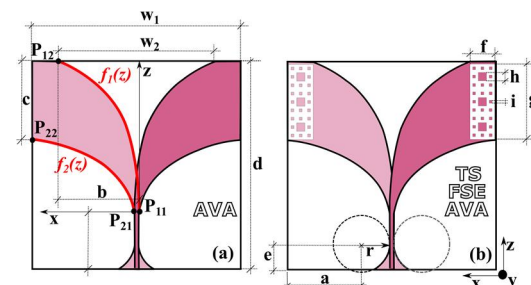


Figura 1 – Design e parâmetros dimensionais das antenas. (a) AVA e (b) TS-FSE-AVA.

TABELA 1 – Parâmetros e Dimensões da AVA e da TS-FSE-AVA.

Parâmetros e Dimensões (mm)					
a	53,50	e	18,10	i	2,00
b	58,36	f	18,00	w <sub>1</sub>	150,00
c	55,00	g	54,00	w <sub>2</sub>	113,71
d	150,00	h	6,00		

Os parâmetros a, b, c, d, e, r, w<sub>1</sub> e w<sub>2</sub> são comuns a AVA e a TS-FSE-AVA e os f, g, h e i são exclusivos da antena proposta.

### RESULTADOS E DISCUSSÕES

Por meio do HFSS foram realizadas as simulações que geraram os resultados que serão apresentados nessa Seção.

A Fig. 2 apresenta a perda por retorno das antenas. A AVA obteve um limite inferior de frequência de 1,63 GHz, enquanto a TS-FSE-AVA foi de 2,02 GHz.

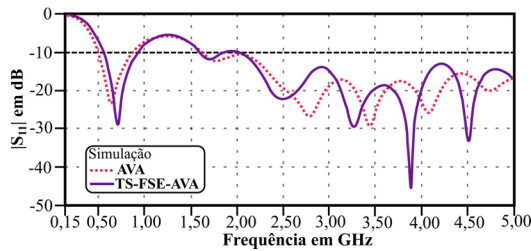


Figura 2 – Parâmetro de perda por retorno da AVA e da TS-FSE-AVA

É possível perceber, na Fig. 3, que o ganho das antenas vai se alterando em função da frequência, com destaque para TS-FSE-AVA que obteve o maior pico de ganho na faixa analisada, demonstrando a capacidade dos fractais aumentarem o ganho.

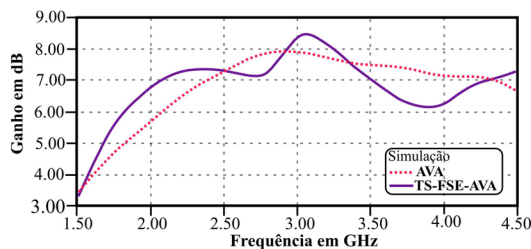


Figura 3 – Ganho da AVA e da TS-FSE-AVA

Os diagramas de radiação das antenas em 2,10 e 3,05 GHz são apresentados pela Fig. 4 (a) e (b), respectivamente. Pode-se notar, nesta figura, que o SLL em ambas as frequências analisadas foi reduzido pela antenna proposta, TS-FSE-AVA, em relação a AVA.

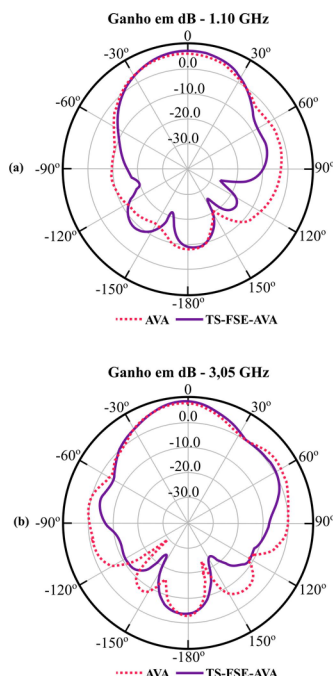


Figura 4 – Diagrama de radiação da AVA e da TS-FSE-AVA em (a) 2,10 GHz e em (b) 3,05 GHz.

A Fig. 5 (a) e (b) apresenta as linhas de campos elétricos (E) em 3,05 GHz da AVA e da TS-FSE-AVA, respectivamente. Nota-se a diferença no padrão das linhas principalmente nas bordas laterais das antenas.

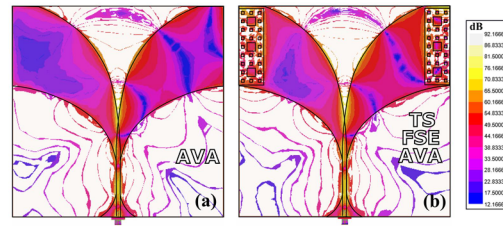


Figura 5 – Linhas de campos elétricos em 3,05 GHz (a) AVA e (b) TS-FSE-AVA.

A Tabela 2 apresenta os resultados em 2,10 e 3,05 GHz. A TS-FSE-AVA obteve aumento no ganho, redução do SLL e eliminação do estrabismo, alcançando os objetivos propostos.

TABELA 2 – Resultados de Simulações da AVA e da TS-FSE-AVA.

Antenas	Ganho [dB]	SLL [dB]	Estrabismo [graus]
<b>Em 2,10 GHz</b>			
AVA	6,09	-9,34	-4,00
TS-FSE-AVA	7,10	-14,98	0,00
<b>Em 3,05 GHz</b>			
AVA	7,87	-0,67	-4,00
TS-FSE-AVA	8,47	-7,05	-2,00

### CONCLUSÃO

A utilização do fractal Tapete de Sierpinski modificou o campo elétrico e, conseqüentemente, o magnético, o que resultou na melhora dos parâmetros de funcionamento e radiação, demonstrando a capacidade de fractais no melhoramento das funcionalidades da AVA convencional.

### REFERÊNCIAS

- [1] C. A. BALANIS, "Antenna theory: analysis and design". New Jersey, USA: John Wiley & sons, 2006.
- [2] I. T. NASSAR, and T. M. WELLER, "A novel method for improving antipodal Vivaldi antenna performance". IEEE Trans. Antennas Prop., vol. 63, no. 7, pp. 3321–3324, Jul. 2015.
- [3] J. BAI, S. SHI, and D. W. PRATHER, "Modified compact antipodal vivaldi antenna for 4-50-GHz UWB application," IEEE Trans. Microw. Theory Techn., vol. 59, no. 4, pp. 1051-1057, Apr. 2011.
- [4] R. E. FIGUEREDO, et al. "A Vivaldi Antenna Palm Tree Class with Koch Square Fractal Slot Edge for Near-field Microwave Biomedical Imaging Applications". In: 2020 Third International Conference on Vocational Education and Electrical Engineering (ICVEE). IEEE Xplore, pp. 1-6, 2020.
- [5] A. S. DIXIT and S. KUMAR, "A miniaturized antipodal Vivaldi antenna for 5G communication applications", Proc. 7th Int. Conf. Signal Process. Integr. Netw. (SPIN), pp. 800-803, Feb. 2020.
- [6] A. M. DE OLIVEIRA, M. B. PEROTONI, S. T. KOFUJI, and J. F. JUSTO, "A Palm Tree Antipodal Vivaldi Antenna with Exponential Slot Edge for Improved Radiation Pattern" IEEE Anten. Wireles Propag. Lett., vol. 99, Feb. 2015.
- [7] A. M. DE OLIVEIRA, et al. "A high directive Koch fractal Vivaldi antenna design for medical near-field microwave imaging application". Microw Opt Technol Lett. vol. 59, no. 2, pp 337-346. Feb. 2017.
- [8] A. M. DE OLIVEIRA, et al. "Ultra-directive palm tree Vivaldi antenna with 3D substrate lens for  $\mu$ -biological near-field microwave reduction applications". Microwave and Optical Technology Letters. vol. 61, no. 3, pp. 713-719, 2019.