

# Projeto e Análise de Filtros em Microfita a partir de um Plano de Terra Inclinado

Vitor Fernandes de Barros e Sandro Gonçalves da Silva

**Resumo**—A operação de um filtro em microfita com plano de terra inclinado é investigada. Uma análise comparativa é realizada entre o filtro com plano de terra convencional e o mesmo com um plano de terra inclinado, para diferentes ângulos de inclinação. Os testes efetuados computacionalmente e em laboratório apontaram uma melhora de até 22% na largura de banda do sistema com o uso dessa técnica, mantendo-se um casamento de impedâncias em nível satisfatório.

**Palavras-Chave**—Microfita, filtro, plano de terra inclinado, largura de banda.

**Abstract**—The operation of a microstrip filter with its sloping ground plane is investigated. A comparative analysis is performed between the original filter and the same with a ground plane tilted to different angles. The computational tests and the results obtained in the laboratory showed an improvement of up to 15% on the system bandwidth using this technique, while maintaining impedance matching at a satisfactory level.

**Keywords**—Microstrip, filter, sloping ground plane, bandwidth.

## I. INTRODUÇÃO

Durante muito tempo, a preocupação de antenas e demais dispositivos desenvolvidos em microfita restringia-se à qualidade do casamento de impedâncias obtido [1]-[2]. O aperfeiçoamento das técnicas de casamento permitiu, então, aos pesquisadores concentrar-se em outros parâmetros de desempenho até então secundarizados [3].

As antenas e, principalmente, os filtros em microfita exigem uma seletividade dos intervalos de frequência para seu funcionamento apropriado. Certos modelos de filtro, como o passa-faixa e o rejeita-faixa exigem duas frequências de corte no sistema, delimitando assim sua frequência central e sua largura de banda.

Nesse contexto, esse artigo trata da utilização de uma estrutura de microfita com seu plano de terra inclinado. A influência do plano de terra na frequência de operação do sistema não é direta, uma vez que sua altura é aproximadamente desprezível; entretanto, com a abertura do plano, altera-se significativamente a altura da estrutura como um todo, contribuindo para desvios da banda de frequência e, conseqüentemente, da largura de banda do sistema.

## II. CONSIDERAÇÕES DE PROJETO

Um filtro passa-faixa com junção T, inicialmente projetado no programa HFSS [4] e posteriormente construído, é mostrado na figura 1. Esse filtro é adaptado de um dos modelos apresentados por Mehran [5]. Para o substrato do filtro foi adotada fibra de vidro com constante dielétrica igual à 4,4 e

tangente de perdas de 0,02. A altura da placa de substrato usada é de 1,56 mm.

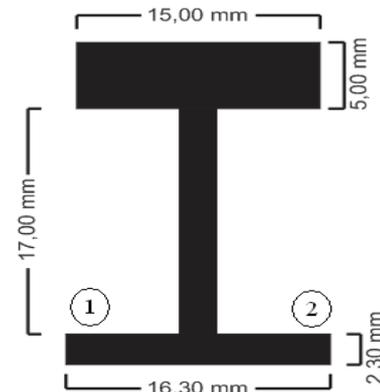


Figura 1 – Filtro original

As dimensões do filtro também são apresentadas na figura. Seu dimensionamento, assim como a influência da junção tipo T, é extensivamente abordada na literatura [6]-[9], cabendo aos interessados averiguar mais sobre o tema nas referências supracitadas.

A distância entre as portas de alimentação – portas 1 e 2 – não é fixa. Sua variação não interfere no comportamento seletivo do filtro; ela atua apenas como fator qualitativo do casamento de impedâncias na estrutura.

A figura 2 traça o parâmetro  $S_{12}$  simulado com o programa HFSS.

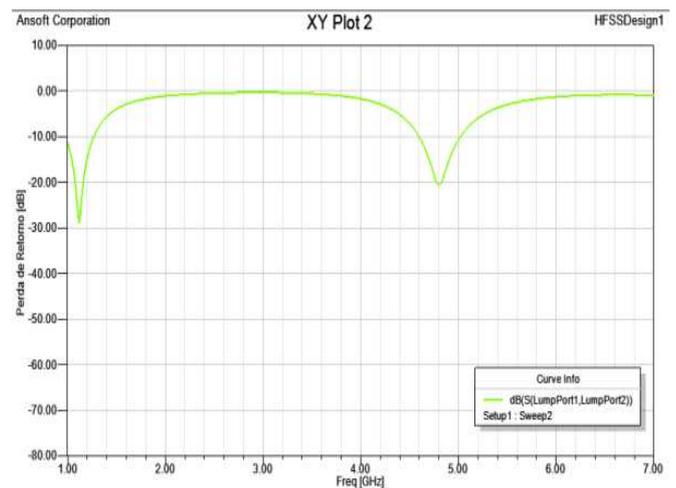


Figura 2 – Curva  $S_{12}$  simulada

As medições de laboratório foram feitas em um analisador de redes vetoriais, da Rohde & Schwarz, modelo ZVB-14, com faixa de medição de 10 MHz a 14 GHz. Seu diagrama de blocos para medição é mostrado na figura 3.

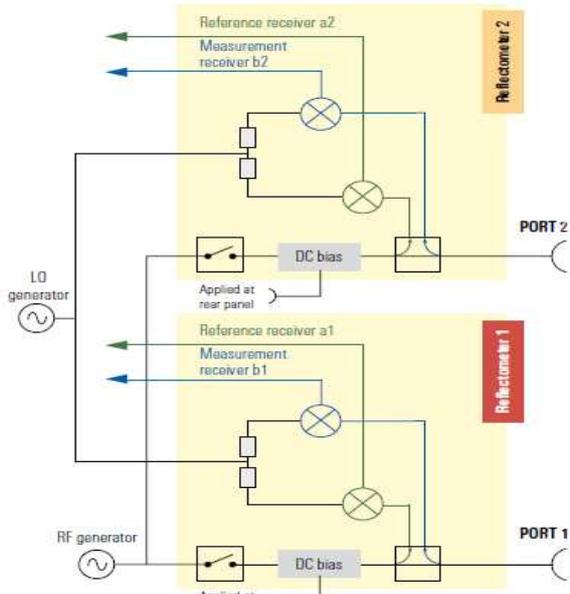


Figura 3 – Diagrama de blocos do ZVB-14 (2 portas)

O parâmetro medido de perda é mostrado na figura 4. Nota-se que há uma boa congruência entre este resultado e o demonstrado na figura 2

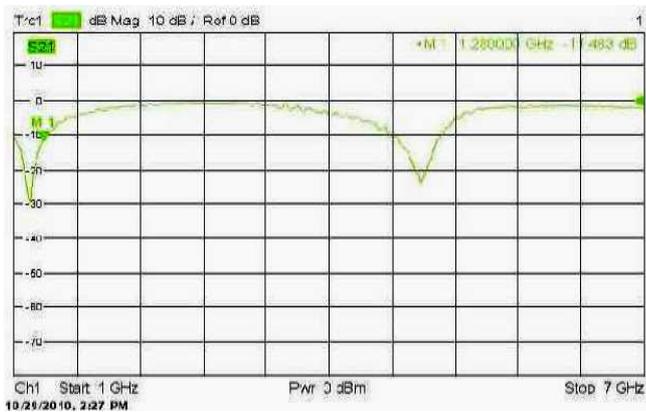


Figura 4 – Curva  $S_{12}$  medida

Devido à presença da junção tipo T, a estrutura apresenta um comportamento em banda dupla; entretanto, para o objetivo desse artigo, será de nosso interesse apenas a primeira banda de passagem, centralizada em 3 GHz.

Pelas figuras 2 e 4 é possível perceber ainda que sob as condições iniciais, a largura de banda obtida com esse filtro aproxima-se de 3,33 GHz.

Uma vez analisado o comportamento do filtro foi, então, realizada uma investigação sobre o efeito da inclinação em seu plano de terra. Esse efeito será avaliado na seção seguinte.

### III. TÉCNICAS DE INCLINAÇÃO

Para a análise da inclinação do plano de terra, foram estabelecidas duas direções de inclinação, a saber:

- Modelo 1: Direção de alimentação das portas; e
- Modelo 2: Direção oposta à da alimentação das portas;

Diferentemente do proposto em [10], a espessura do plano de terra é mantida intacta. O espaço entre o plano de terra inclinado e o substrato de fibra de vidro é preenchido com ar.

#### a. Modelo 1 - Direção de alimentação das portas

A figura 5 representa uma das configurações de inclinação testadas. Nesse modelo, a inclinação é feita na direção das portas de alimentação. A escolha do sentido é arbitrária, uma vez que o filtro é simétrico nessa direção de análise.

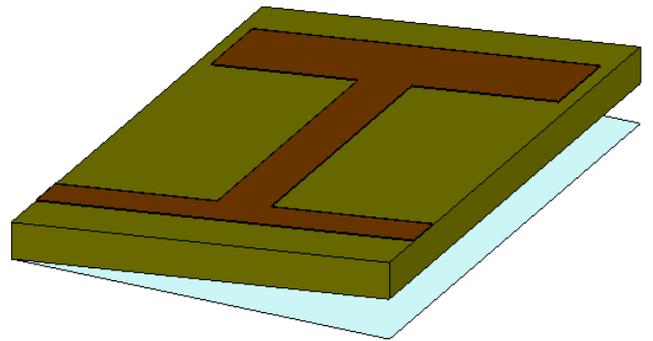


Figura 5 – Inclinação na direção de alimentação das portas

Para esse modelo de inclinação, foram testados os seguintes ângulos: 4, 6 e 12 graus. A figura 6 mostra um comparativo das perdas de retorno obtidas computacionalmente.

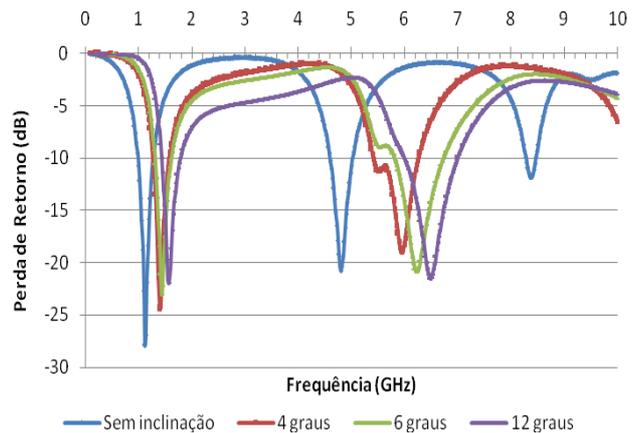


Figura 6 – Modelo 1. Comparativo de curvas  $S_{12}$  (HFSS)

A dificuldade nesse tipo de modelo reside no seu processo de fabricação. Torna-se necessário o uso de pinos na estrutura

de microfita para garantir o contato entre os meios de excitação e o plano de terra.

**b. Modelo 2 - Direção oposta à de alimentação das portas**

A figura 7 representa o outro modelo de inclinação testado. Nesse caso, o plano de terra é inclinado em uma direção oposta à da alimentação das portas. Conforme pode ser observado, o sentido da inclinação não pode ser variado, caso contrário as portas de excitação não estariam em contato com o plano de terra.

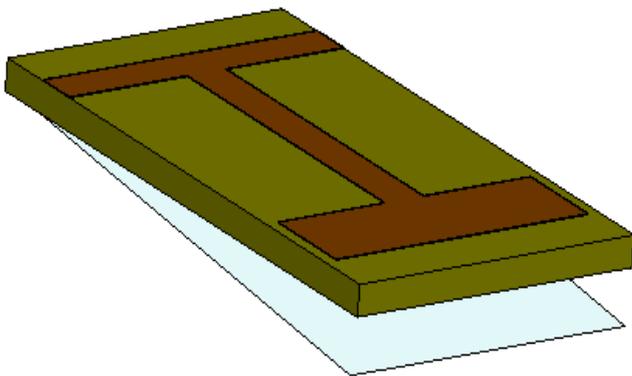


Figura 7 – Inclinação na direção oposta à de alimentação das portas

Essa configuração, semelhante ao modelo anterior, exige determinados cuidados para sua operação. Para assegurar que o ângulo de inclinação seja mantido ao longo do processo de medição, é conveniente que a lâmina de cobre usada no plano de terra possua uma espessura que lhe permita certa estabilidade quando plana. Além disso, é importante que a parte inferior dessas lâminas tenha sua superfície lixada para facilitar a aderência dos pontos de solda aplicados nesse mesmo processo.

Na figura 8 são traçadas as perdas de retorno simuladas, correspondentes aos diferentes ângulos de inclinação aplicados.

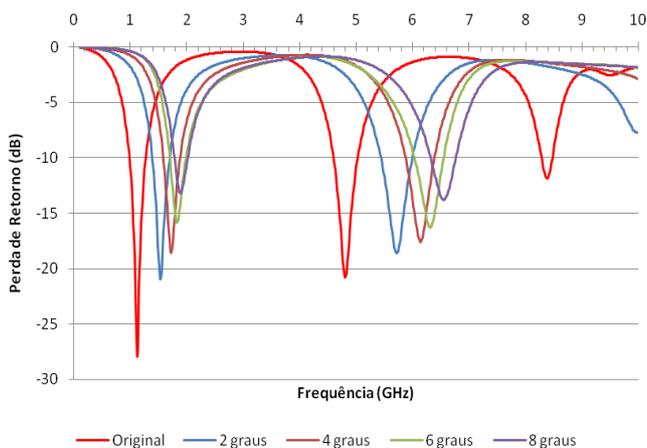


Figura 8 – Modelo 2. Comparativo de curvas  $S_{12}$  (HFSS)

A tabela 1, correspondente a esse último modelo de inclinação, fornece a largura de banda obtida para cada ângulo de inclinação do plano de terra testado.

Filtro	Largura de Banda- $S_{12}$ (GHz)
Original	3,33
2 graus	3,71
4 graus	3,98
6 graus	4,04
8 graus	4,30

Tabela 1 – Comparativo de larguras de banda

Apesar de a inclinação de 8 graus apresentar uma largura de banda superior à de 6 graus, seu casamento de impedâncias torna-se seriamente comprometido.

Medições realizadas com ângulos maiores também confirmaram um problema já evidente em estruturas inclinadas: as perdas de radiação por desacoplamento na estrutura. É evidente que quanto maior o ângulo de abertura do plano de terra, menor é a parcela de radiação que permanece confinada dentro da estrutura de microfita.

Assim sendo, o ponto “ótimo” escolhido foi o de 6 graus, que associou um aumento significativo da largura de banda a um casamento de impedâncias em nível satisfatório.

A figura 9 contém as perdas de retorno simulada e medida para o filtro de microfita com um plano de terra inclinado em 6 graus. Observa-se novamente uma grande similaridade entre os resultados.

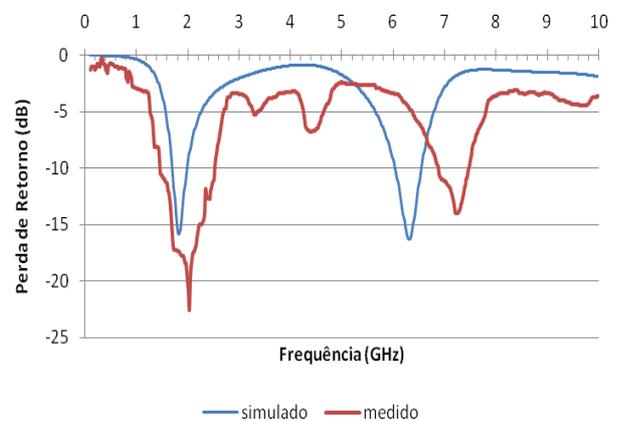


Figura 9 – Inclinação de 6 graus. Perdas de retorno simulada e medida.

**IV. CONCLUSÕES**

Esse artigo investigou a inclinação de filtros em microfita. A partir de testes com diferentes ângulos em dois modelos de inclinação, baseados na direção de excitação das portas desse filtro, foi possível aumentar a largura de banda do filtro de 3,33 GHz para 4,04 GHz, o que corresponde a um acréscimo de até 22% na banda.

Pôde-se observar também que o uso de inclinações no plano de terra acarretou um aumento na frequência de operação do filtro. Portanto, se associado ao uso de estruturas fractais, por exemplo, essa técnica pode permitir, em artigos futuros, o desenvolvimento de projetos para baixas frequências, em estruturas compactas.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à CAPES e ao CNPq pelo fomento concedido a nosso trabalho, possibilitando seu desenvolvimento. Agradecem também a toda a equipe do Laboratório de Telecomunicações da UFRN, em particular ao professor Ronaldo Martins, por sua disponibilidade e apoio técnico.

#### REFERÊNCIAS

- [1] L. I. Basilio, M. A. Khayat, J. T. Williams, and S. A. Long, *The Dependence of the input impedance on feed position of probe and microstrip line-fed patch antennas*, IEEE Transactions on Antennas Propagation, vol. 49, pp. 45-47, Jan. 2001.
- [2] T. Samaras, A. Kouloglou, J. N. Sahalos, *A note on the impedance variation with feed position of a rectangular microstrip-patch antenna*, IEEE Trans. Antennas Propag., vol. 46, pp. 90-92, April 2004.
- [3] S. Sathamsakul, N. Anantrasirichai, C. Benjangkaprasert and T. Wakabayashi, *Rectangular Patch Antenna with inset feed and modified ground-plane for wideband antenna*, SICE Annual Conference 2008, pp. 3400-3403, Aug 2008.
- [4] HFSS v11 *Getting Started Guide*. July 2007. Ansoft Corporation.
- [5] Mehran, R., *Computer-Aided Design of Microstrip Filters Considering Dispersion, Loss, and Discontinuity Effects*, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. MTT-27, No. 3, Mar 1979, pp. 239-245.
- [6] D. M. Pozar, *Microwave Engineering*, 3rd ed. NewYork:Wiley, 2005.
- [7] I. Wolff, G. Kompa, and R. Mehran, *Calculation Method for Microstrip Discontinuities and T-junctions*, Electronics Letters, vol 8, pp. 177-179, Apr 1972.
- [8] E. O. Hammerstad, *Equations for Microstrip Circuit Design*, Proc. 5<sup>th</sup> European Microwave Conference Sevenoaks, Kent, England: Microwave Exhibitions and Publishers, Ltd. 1975, pp. 268-272.
- [9] R. Mehran. *The Frequency-dependent Scattering Matrix or microstrip right-angle bends, T-junctions and crossings*, Arch. Elek. Übertragung, vol. 29, pp. 454-460, Nov. 1975.
- [10] Lin, Yi C., *Eletromagnetic Scattering Model for a Tree Trunk Above a Tilted Ground Plane*, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol 33, No. 4, Jul 1995.