

## ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE VARIAÇÕES GEOMÉTRICAS E DO PARÂMETRO DE VARREDURA EM SUPERFÍCIES SELETIVAS DE FREQUÊNCIA (FSS)

Júlia Galindo Cavalcante França<sup>1</sup>, Robson Hebraico Cipriano Maniçoba<sup>2</sup>

### RESUMO

Com o avanço das tecnologias em comunicações e sensores, cresce a demanda por dispositivos capazes de operar em altas frequências com seletividade e eficiência. Nesse contexto, as superfícies seletivas em frequência (FSS) se destacam por controlar a transmissão, reflexão ou absorção de ondas eletromagnéticas, aplicando-se em antenas, filtros, sensores e blindagens. Este trabalho analisou, por meio de simulações no software Ansoft HFSS, a influência de configurações geométricas e do parâmetro de varredura em frequência (step) na resposta espectral dessas estruturas. Foram modeladas cruzes metálicas e variações com semicírculos, cavidades e bordas condutoras. A comparação entre steps de 0,25 THz e 0,15 THz indicou que a redução do passo não alterou significativamente a frequência central, mas aprimorou a definição dos picos de absorção. Já as modificações geométricas provocaram deslocamentos mais expressivos e variações na intensidade de absorção, confirmando o papel determinante do design da célula unitária. Os resultados destacam o potencial das simulações eletromagnéticas como ferramenta de suporte a projetos de sensores e sistemas de comunicação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Absorção, Frequência, Geometria, HFSS, Ressonância, Simulação.

### ANALYSIS OF THE INFLUENCE GEOMETRIC VARIATIONS AND SWEEP PARAMETER ON FREQUENCY SELECTIVE SURFACES (FSS)

### ABSTRACT

With the advancement of communication and sensing technologies, the demand for devices capable of operating at high frequencies with selectivity and efficiency has increased. In this context, frequency selective surfaces (FSS) stand out for controlling the transmission, reflection, or absorption of electromagnetic waves, with applications in antennas, filters, sensors, and shielding. This work analyzed, through simulations in Ansoft HFSS software, the influence of geometric configurations and the frequency sweep parameter (step) on the spectral response of these structures. Metallic cross-based models were created, with variations including semicircles, hollow cavities, and conductive borders. The comparison between steps of 0.25 THz and 0.15 THz indicated that reducing the sweep interval did not significantly affect the central resonance frequency but improved the definition of absorption peaks. Structural modifications, on the other hand, produced more expressive shifts and changes in absorption intensity, confirming the decisive role of unit cell design. The results highlight the potential of

---

<sup>1</sup> Entidade financiadora da pesquisa PIBITI/CNPq/UESB

<sup>2</sup> Discente do Curso de Sistemas de Informação (CCSI) / Departamento de Ciências e Tecnologias (DCT) / Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB (Campus Jequié)

<sup>3</sup> Professor do Curso de Sistemas de Informação (CCSI) / Departamento de Ciências e Tecnologias (DCT) / Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB (Campus Jequié)

electromagnetic simulations as a support tool for the development of sensors and communication systems.

KEYWORDS: Absorption, Frequency, Geometry, HFSS, Resonance, Simulation.

## INTRODUÇÃO

As superfícies seletivas de frequência (FSS, do inglês *Frequency Selective Surfaces*) são estruturas compostas por padrões metálicos periódicos sobre substratos dielétricos, empregadas no controle da propagação de ondas eletromagnéticas em faixas específicas de frequência. Por sua capacidade de refletir, transmitir ou absorver sinais conforme a frequência, encontram aplicações em antenas, sensores, filtros e blindagens eletromagnéticas (MUNK, 2000).

O desempenho dessas estruturas depende de fatores como geometria, periodicidade e características dielétricas. Campos (2008) ressalta que diferentes topologias exercem funções distintas: elementos metálicos do tipo *patch*, como dipolos e cruces, atuam como filtros rejeita-faixa, enquanto aberturas funcionam como passa-faixa. Assim, o projeto geométrico é determinante para o comportamento eletromagnético das FSS.

Com o avanço das aplicações, surgem FSS miniaturizadas, multicamadas e até reconfiguráveis, ampliando seu uso em antenas MIMO, absorvedores seletivos e sensores compactos (KATOCH et al., 2019). Nesse contexto, compreender como variações geométricas e parâmetros de simulação afetam a resposta espectral é fundamental.

Neste trabalho, foram realizadas simulações no software HFSS, partindo da replicação da estrutura de Veeraselvam et al. (2021), escolhida por sua resposta ressonante na faixa de Terahertz. A partir dela, propuseram-se modificações geométricas, como a inclusão de semicírculos, cavidades e bordas metálicas, além da análise do parâmetro de varredura em frequência (*step*), comparando valores de 0,25 THz e 0,15 THz. Embora não altere de forma expressiva a frequência central, essa variação influencia a resolução espectral, melhorando a definição dos picos e a análise da largura de banda.

## MATERIAIS E MÉTODOS

As simulações foram realizadas no software Ansoft HFSS (High Frequency Structure Simulator), baseado no método dos elementos finitos, o qual permite modelagem tridimensional e análise espectral de dispositivos eletromagnéticos.

Como ponto de partida, replicou-se a geometria descrita por Veeraselvam et al. (2021), composta por uma estrutura ressonante de referência na faixa de Terahertz.

Essa etapa inicial teve como objetivo validar a metodologia e consolidar o domínio da plataforma de simulação, assegurando a consistência dos parâmetros de contorno e da malha numérica.

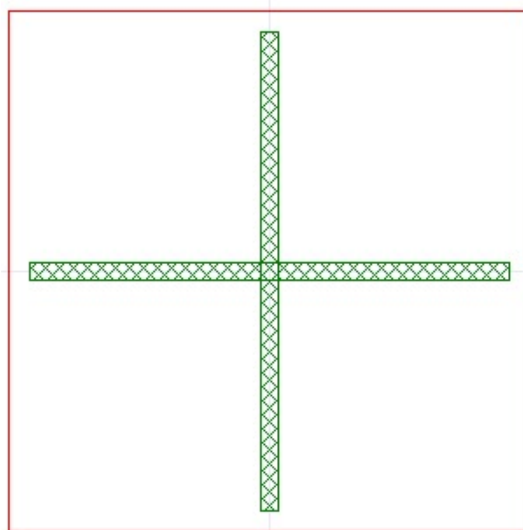
A partir desse modelo, foram propostas novas variações geométricas, incluindo cruz simples, cruz com semicírculos, cavidades vazadas e estruturas com bordas metálicas de diferentes espessuras. Essas modificações buscaram analisar como o design da célula unitária influencia a resposta espectral e a intensidade dos picos ressonantes.

Todas as simulações foram conduzidas considerando um único material dielétrico como substrato, mantendo constantes as condições de contorno e excitação, a fim de isolar os efeitos geométricos e do parâmetro de varredura em frequência (step). Este foi inicialmente definido em 0,25 THz e posteriormente reduzido para 0,15 THz, de modo a analisar o impacto da alteração na resolução espectral e na definição dos picos de absorção.

Os resultados foram avaliados a partir dos coeficientes S11 (reflexão) e S21 (transmissão), extraídos no pós-processamento do HFSS, permitindo identificar as frequências de ressonância e comparar os efeitos das variações geométricas e do step no desempenho das estruturas.

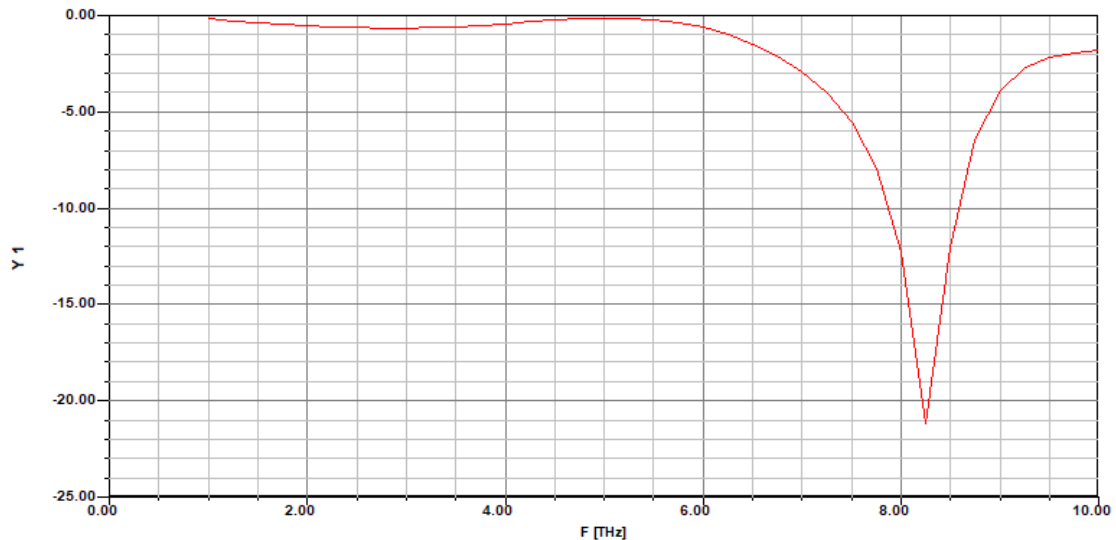
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A (Figura 1) apresenta a geometria do Resonator 1, constituído por uma cruz simples sobre substrato dielétrico. Essa estrutura foi utilizada como modelo inicial para avaliar a metodologia de simulação no HFSS, servindo como referência para as variações geométricas posteriores.



**FIGURA 1:** Resonator 1

A resposta espectral obtida para o Resonator 1 é mostrada na (Figura 2). Com step de 0,25 THz, a estrutura apresentou frequência ressonante em torno de 8,25 THz, com absorção próxima de -21 dB. Ao reduzir o step para 0,15 THz, observou-se pequena variação na frequência central, mas maior definição no pico ressonante, o que favoreceu a análise da largura de banda e da intensidade de absorção.



**FIGURA 2:** Resultados do Resonator 1 com o step 0.25

Os resultados evidenciam que a variação do step não altera significativamente a posição da frequência de ressonância, mas exerce influência direta na precisão e clareza dos gráficos obtidos. Esse aspecto é relevante para estudos de FSS, pois assegura maior confiabilidade na identificação de picos e na comparação entre diferentes configurações estruturais.

Além do step, as modificações geométricas introduzidas nas demais estruturas, como semicírculos, cavidades e bordas metálicas, provocaram deslocamentos mais expressivos nos picos e alterações na profundidade da absorção. Esses efeitos reforçam que a geometria desempenha papel central no comportamento espectral de superfícies seletivas de frequência, sendo determinante para sua aplicação em filtros, sensores e antenas.

Dessa forma, a análise confirma que o step atua como refinamento numérico, enquanto as variações geométricas se configuram como o fator mais decisivo para o desempenho ressonante das estruturas simuladas.

## CONCLUSÕES/CONSIDERAÇÕES

A realização deste estudo permitiu compreender como variações geométricas e a resolução espectral (*step*) influenciam o comportamento de superfícies seletivas de frequência (FSS) em simulações realizadas no Ansoft HFSS. Verificou-se que a redução

do *step* de 0,25 THz para 0,15 THz não alterou de forma expressiva a posição das frequências de ressonância, mas proporcionou melhor definição gráfica, favorecendo a análise da largura de banda e da intensidade de absorção.

As modificações geométricas, por sua vez, mostraram-se mais determinantes para o desempenho das estruturas, provocando deslocamentos nos picos ressonantes e mudanças na profundidade dos mínimos de absorção. Elementos como semicírculos, cavidades vazadas e bordas metálicas confirmaram o papel central do design da célula unitária na performance das FSS. Assim, os resultados reforçam a importância de integrar parâmetros de simulação e variações estruturais no processo de projeto, consolidando as simulações computacionais como ferramenta essencial para o desenvolvimento de filtros, sensores e dispositivos de comunicação.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CAMPOS, R. B. de. *Superfícies seletivas em frequência: princípios, projeto e aplicações*. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2008.
2. KATOCH, M.; SINGH, D.; SINGH, K. Design and development of frequency selective surfaces for various applications: A review. *Journal of Electromagnetic Waves and Applications*, v. 33, n. 7, p. 843–879, 2019.
3. MUNK, B. A. *Frequency Selective Surfaces: Theory and Design*. New York: Wiley-Interscience, 2000.
4. VEERASELVAM, A. et al. A novel ultra-miniaturized highly sensitive refractive index-based terahertz biosensor. *Plasmonics*, v. 16, p. 2137–2147, 2021.
5. WU, T. K. (Ed.). *Frequency Selective Surface and Grid Array*. New York: Wiley, 1995.
6. YUAN, Z.; LI, H.; ZHAO, X. Development and application of frequency selective surfaces in modern communication systems. *Progress In Electromagnetics Research*, v. 172, p. 67–79, 2021.
7. ZHANG, Y.; HONG, W.; WU, K. Advances in frequency selective surface designs and applications. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, v. 68, n. 3, p. 1331–1344, 2020.