

# ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE MATERIAIS DIELÉTRICOS NO ACOPLAMENTO DE SUPERFÍCIES SELETIVAS DE FREQUÊNCIA (FSS) EM MULTICAMADAS<sup>1</sup>

Lara Fábian Almeida Santos<sup>2</sup>  
Robson Hebraico Cipriano Maniçoba<sup>3</sup>

## RESUMO

O crescimento tecnológico dos últimos anos fomentou uma alta demanda por dispositivos cada vez menores e mais leves, e que possibilitem a troca de informações de forma mais rápida e eficiente. Neste cenário, o estudo de Superfícies Seletivas de Frequência (FSS) ganha destaque, já que possuem diversas aplicações na área de telecomunicações. As FSS são estruturas planares e periódicas, amplamente conhecidas por sua capacidade de filtragem de determinadas faixas de frequência do espectro eletromagnético. Assim, este trabalho tem como objetivo estudar novas geometrias para aplicar as FSS desenvolvidas computacionalmente e mostrar os resultados obtidos a partir de suas simulações, bem como suas possíveis aplicações no campo das telecomunicações, em especial, em sistemas sem fio. Além disso, este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia – FAPESB e orientado pelo Prof. Dr. Robson Hebraico Cipriano Maniçoba.

**PALAVRAS-CHAVE:** Filtros eletromagnéticos, Superfícies Seletivas de Frequência, Tecnologias sem fio.

## ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF DIELECTRIC MATERIALS ON THE COUPLING OF FREQUENCY SELECTIVE SURFACES (FSS) IN MULTILAYERS

## ABSTRACT

Technological growth in recent years has fueled a high demand for devices that are increasingly smaller and lighter, and that enable the exchange of information more quickly and efficiently. In this scenario, the study of Frequency Selective Surfaces (FSS) gains prominence, as they have several applications in the telecommunications area. FSS are planar and periodic structures, widely known for their ability to filter certain frequency bands of the electromagnetic spectrum. Thus, this work aims to study new geometries to apply computationally developed FSS and show the results obtained from their simulations, as well as their possible applications in the field of telecommunications, especially in wireless systems. Furthermore, this work was funded by the Bahia State Research Support Foundation – FAPESB and supervised by Prof. Dr. Robson Hebraico Cipriano Maniçoba.

---

<sup>1</sup> Pesquisa financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia – FAPESB

<sup>2</sup> Graduanda em Sistemas de Informação na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB. Av. José Moreira Sobrinho, S/N Jequeizinho, Jequié - BA, 45208-409

<sup>3</sup> Doutor em Engenharia Elétrica e da Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. Professor pleno da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB. Av. José Moreira Sobrinho, S/N Jequeizinho, Jequié - BA, 45208-409

KEYWORDS: Electromagnetic Filters, Frequency Selective Surfaces, Wireless Technologies.

## INTRODUÇÃO

Uma Superfície Seletiva de Frequência ou, simplesmente, FSS (do inglês, *Frequency Selective Surface*) é uma estrutura planar e periódica, geralmente bidimensional, caracterizada por atuar como um filtro eletromagnético, já que é capaz de bloquear ou transmitir determinadas faixas de frequência do espectro eletromagnético (ANWAR; MAO; NING, 2018). O arranjo periódico que a compõe pode ser formado por elementos do tipo *patch* condutor ou abertura, de modo a apresentar comportamentos do tipo rejeita-faixa ou passa-faixa, respectivamente (CAMPOS, 2008).

As FSS possuem diversas aplicações, como em tecnologias sem fio, radomes, antenas e, até mesmo, na porta do forno de microondas – uma de suas aplicações mais conhecidas (CAMPOS, 2008; KAPOOR; MISHRA; KUMAR, 2022). Além disso, são vários os parâmetros que exercem influência direta sobre a resposta em frequência delas, entre eles estão: a geometria do elemento da célula unitária, o tipo de elemento, as características do material do substrato e a polarização da onda incidente (MAMEDES e BORNEMANN, 2021).

Portanto, este projeto de pesquisa teve como objetivo desenvolver computacionalmente novas Superfícies Seletivas de Frequência, utilizando o padrão de Moiré, a fim de atuarem na melhoria dos sistemas de telecomunicações.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa é do tipo exploratória e descritiva, de caráter experimental e com abordagem quanti-qualitativa. Ao longo dela, foram realizadas pesquisas teóricas em diversas bases de dados científicas acerca do tema do projeto e de novas geometrias que poderiam ser empregadas para a construção de FSS, realizou-se simulações computacionais e a análise dos resultados obtidos.

Cabe citar que, no decorrer desta pesquisa, percebeu-se que os padrões de Moiré (*Moire Patterns*, em inglês) ainda são pouco utilizados nos projetos de FSS. Por esse motivo, optou-se por fazer um estudo teórico aprofundado sobre esses padrões, por meio de uma revisão bibliográfica, na qual se obteve as equações matemáticas usadas na construção da geometria das figuras. A partir disso, selecionou-se os

padrões de interesse para o projeto, a fim de verificar seu comportamento quando aplicados às FSS, e utilizou-se o *software GeoGebra* para a construção da geometria das figuras escolhidas.

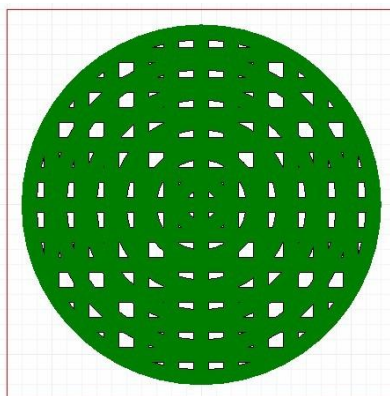
O *software* empregado para a construção e simulação das estruturas foi o *Ansoft Designer™*. Nele, foram fornecidos dados relativos ao tipo de estrutura, sua altura (em milímetros), largura (em milímetros) e os parâmetros de projeto do material utilizado para construir a FSS, além dos parâmetros presentes na construção da geometria do padrão de Moiré.

Por fim, quanto ao método de análise das FSS, se utilizou o método dos momentos (*method of moments - MoM*), no qual baseia-se o simulador *Ansoft Designer™*.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este trabalho apresenta como um de seus resultados uma FSS projetada e desenvolvida computacionalmente, utilizando o padrão de Moiré que contém linhas e círculos concêntricos. Conforme as simulações eram realizadas e os resultados analisados, verificou-se a necessidade de adaptar a geometria deste padrão. Assim, colocou-se as linhas verticais e horizontais da geometria da figura internas aos círculos concêntricos, como pode ser visto na Figura 1.

**FIGURA 1:** Célula unitária do elemento.



Fonte: Elaboração Própria.

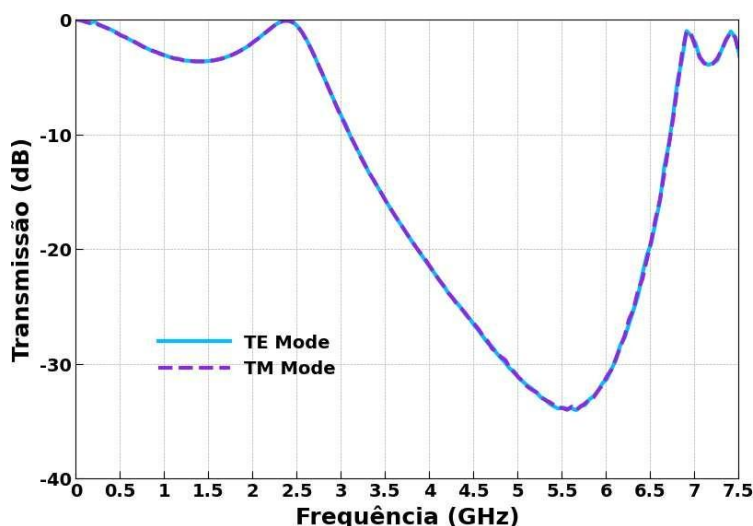
Na FSS desenvolvida, os círculos concêntricos e as linhas possuem 1mm de espessura e 1mm de espaçamento. O raio do círculo mais externo é de 12mm e a altura das linhas centrais (vertical e horizontal) é de 24mm. Já a periodicidade da

estrutura é de 26mm e o substrato dielétrico é o Rogers RO3010, com permissividade relativa de 10.2, tangente de perda dielétrica de 0.0035 e espessura de 1.28mm.

O resultado da simulação dessa estrutura demonstrou sua atuação na banda de frequência que vai de 3.98 GHz até 6.77 GHz, gerando uma largura de banda de 2.79 GHz.

Todavia, a Figura 2 mostra que, após o cascadeamento com 10mm de ar da FSS anterior, houve um aumento da largura de banda, que passa a ser 3.62 GHz, indo de 3.11 GHz até 6.73 GHz.

**FIGURA 2:** Resultados obtidos em termos do coeficiente de transmissão - Estrutura multicamada.



Fonte: Elaboração Própria.

Além disso, a FSS proposta é capaz de filtrar, com independência de polarização, as bandas de operação de aplicações WLAN em 5.2 GHz (5150–5350 MHz) e 5.8 GHz (5725–5825 MHz) (IEEE 802.11a), do WiMAX em 3.5 GHz (3300–3700 MHz) e 5.5 GHz (5250–5850 MHz), do Wi-Fi 6E (IEEE 802.11ax) em 6 GHz e do 5G N77 (3.3–4.2 GHz), N78 (3.3–3.8 GHz) e N79 (4.4–5.0 GHz) (TALUKDER *et al.*, 2012; WI-FI ALLIANCE, 2021; ZHAO e REN, 2019).

## CONCLUSÕES/CONSIDERAÇÕES

Com base nos resultados apresentados, percebe-se que a adoção do padrão de Moiré na geometria do elemento da FSS proposta trouxe resultados satisfatórios, que filtram determinadas faixas de frequência com independência de polarização, e

com possíveis aplicações em sistemas de telecomunicações, mais especificamente em sistemas sem fio, como WLAN, WiMAX, 5G e Wi-Fi 6E – em ascensão atualmente.

Ademais, gostaria de agradecer à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia – FAPESB pelo apoio fornecido através da bolsa de Iniciação Científica, que prestou grande suporte para o desenvolvimento desta pesquisa, e, também, ao meu orientador, o Prof. Dr. Robson Hebraico Cipriano Maniçoba, por todas orientações, pela paciência e por sempre se fazer presente no decorrer de todo o projeto.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANWAR, R. S.; MAO, L.; NING, H. Frequency Selective Surfaces: A Review. **Applied Sciences**, v. 8, n. 9, p. 1-46, set. 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/app8091689>.
2. CAMPOS, A. L. P. S. **Superfícies seletivas em frequência: análise e projeto**. Natal: IFRN Editora, 2008.
3. KAPOOR, A.; MISHRA, R.; KUMAR, P. Frequency selective surfaces as spatial filters: Fundamentals, analysis and applications. **Alexandria Engineering Journal**, v. 61, n. 6, p. 4263-4293, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.09.046>.
4. MAMEDES, D. F.; BORNEMANN, J. High-Gain Reconfigurable Antenna System Using PIN-Diode-Switched Frequency Selective Surfaces for 3.5 GHz 5G Application. **2021 SBMO/IEEE MTT-S International Microwave and Optoelectronics Conference (IMOC)**, Fortaleza, p. 1-3, out. 2021. DOI: 10.1109/IMOC53012.2021.9624918.
5. TALUKDER, Al-Ahsan; KARMOKAR, Debabrata Kumar; MORSHED, Khaled Mahbub; MOLLAH, Md. Nurunnabi. Low profile inverted-FL antenna for 5.5 GHz WiMAX applications. **ACEEE International Journal on Communications**, v. 3, p. 15-19, mar. 2012.
6. WI-FI ALLIANCE. **Wi-Fi 6E: Wi-Fi® in the 6 GHz band (2021)**. Online. Disponível em: <https://www.wi-fi.org/file/wi-fi-6e-wi-fi-in-the-6-ghz-band-2021>. Acesso em: 26 set. 2023.
7. ZHAO, A.; REN, Z. Wideband MIMO Antenna Systems Based on Coupled-Loop Antenna for 5G N77/N78/N79 Applications in Mobile Terminals. **IEEE Access**, v. 7, p. 93761-93771, 2019. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2913466.