cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Projeto, Simulação e Validação Experimental de Superfícies Seletivas de Frequência Integradas a Laminados Fibra-Metal para Radomes Filtrantes na Banda 5G (24–27 GHz)

Jorge T. Matsushima[1], Wellington P. Silva[1], Daniel F.S. Pinto[1], Divani B. Gavinier[2], Rita C.M.S. Contini[1], Braulio H.K. Lopes[3], Mauricio R. Baldan[3]

1. Fatec São José dos Campos; 2. Fatec Taubaté; 3. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais -INPE

Introdução

O aumento da demanda por sistemas de comunicação de alta frequência em aeronaves, drones e plataformas eVTOL exige o desenvolvimento de radomes estruturalmente robustos e eletromagneticamente seletivos [1].

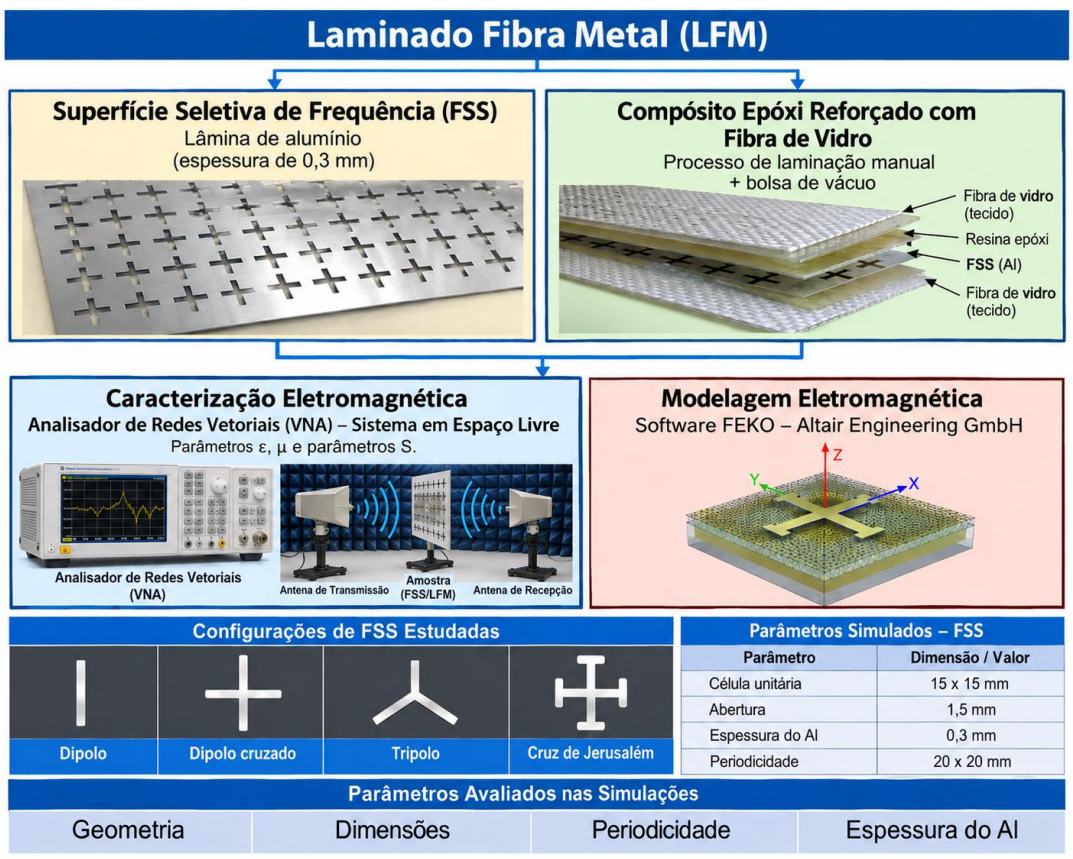
Superfícies seletivas de frequência (*Frequency Selective Surface* – FSS) incorporadas em laminados fibra metal surgem como uma multifuncionalidade para controlar a transmissão e a reflexão de ondas eletromagnéticas em bandas específicas em sinergismo com resistência mecânica [2]

A eficiência do radome como filtro eletromagnético na banda 5G é influenciada pelas propriedades da FSS e da interface com o laminado fibra metal [3].

Objetivos

Projetar, simular eletromagneticamente e validar experimentalmente diferentes configurações geométricas de FSS destinadas à aplicação em radomes filtrantes operando na faixa de 24 a 27 GHz, correspondente à banda milimétrica utilizada por sistemas 5G

Metodologia



Resultados e Discussão

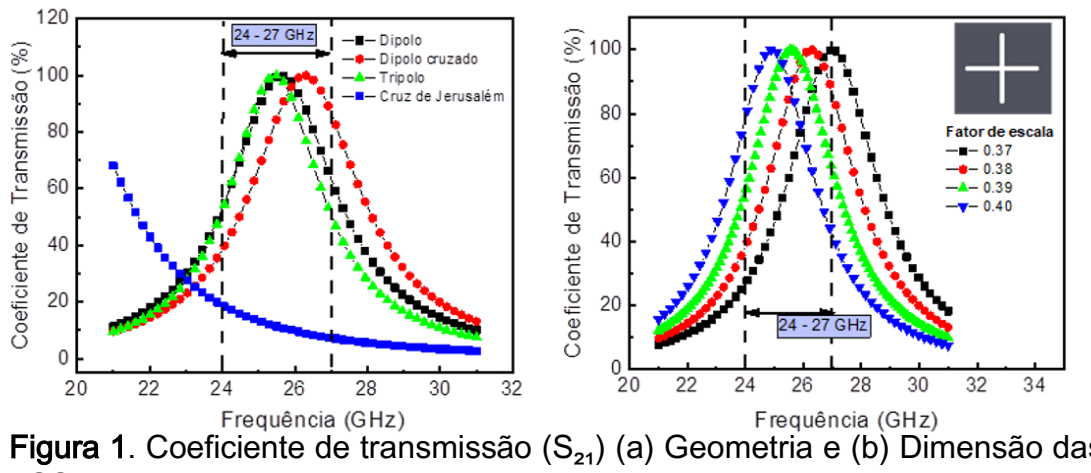


Figura 1. Coeficiente de transmissão (S_{21}) (a) Geometria e (b) Dimensão das FSS simuladas

FSS	Frequência – Máxima perda por reflexão (GHz)	Perda por Transmissão (%) em 25.5 GHz	Máxima transmissão (%) em 24 GHz	Máxima Transmissão (%) em 27GHz	Faixa de Transmissão (%) 24 a 27 GHZ em 25.5 GHz
Dipolo	25,7	0,7	50,0	63,5	74,3
Dipolo Cruzado	26,3	5,7	50,0	51,2	60
Tripolo	25,5	0,0	38,3	85,5	60
Cruz de Jerusalém	-	98	19,2	7,2	60

Tabela 1. Parâmetros de transmissão da onda eletromagnética nas FSS simuladas.

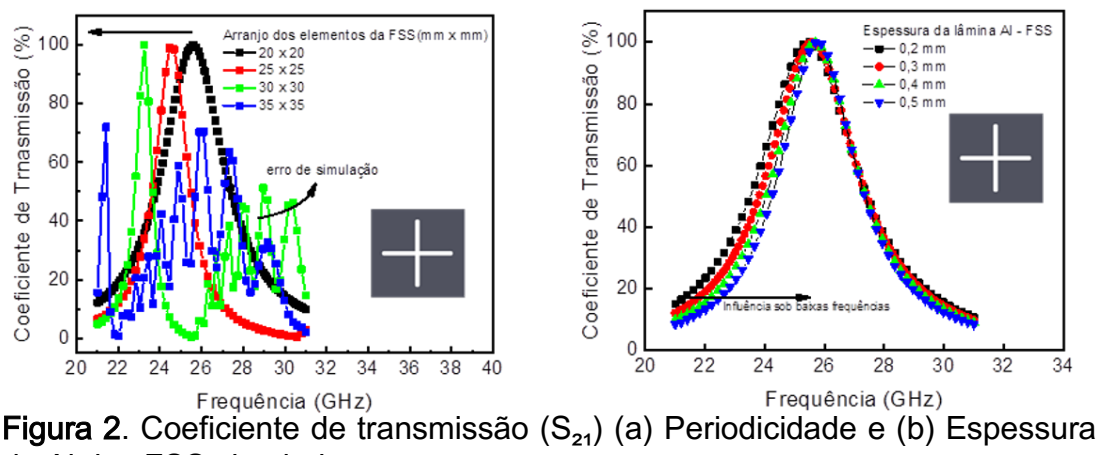


Figura 2. Coeficiente de transmissão (S_{21}) (a) Periodicidade e (b) Espessura do Al das FSS simuladas

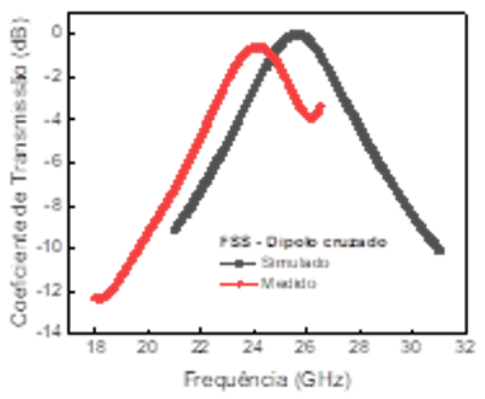


Figura 3. Coeficiente de transmissão (S_{21}) da FSS (dipolo cruzado) simulada com otimização para máxima transmissividade (100%) em 25,5 GHz e da FSS medida usando o sistema de espaço livre

Conclusões

As simulações demonstraram que a FSS do tipo tripolo, com fator de escala de 0,39, apresentou transmissividade de 100% em 25,5 GHz e 80% em 27 GHz. Para o dipolo cruzado, alterações no espaçamento e nas dimensões dos elementos modificaram a frequência de ressonância e a transmissão. O ajuste da espessura do alumínio no laminado fibra-metal (LFM) mostrou-se viável sem comprometer a transmissão eletromagnética na faixa de 24–27 GHz.

Referências e Agradecimentos

[1] DOO, J. T. et al. NASA electric vertical takeoff and landing (eVTOL) aircraft technology for public services: a white paper. Moffett Field: NASA Ames Research Center, 2021. Disponível em: NASA Technical Reports Server. Acesso em: 20 out. 2026.

[2] YANG, J. et al. Absorption-transmission-integrated radome composites: design, modeling, and fabrication. Composites Science and Technology, v. 271, artigo 111332, 2025. DOI: 10.1016/j.compscitech.2025.111332.

[3] SHENG, X.; WANG, H.; LIU, N.; WANG, K. A conformal miniaturized bandpass frequency-selective surface with stable frequency response for radome applications. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, v. 72, n. 3, p. 2423–2433, 2024. DOI: 10.1109/TAP.2024.3349677.

AGRADECIMENTOS:

CPRJI Comissão Permanente de Regime de Jornada Integral
Centro Paula Souza
Fatec São José dos Campos Prof. Jessen Vidal
Fatec Taubaté
INPE