

ANÁLISE DE ANTENAS FRACTAIS DO TIPO KOCH PARA APLICAÇÃO EM 5G

Caio C. F. Nunes¹ (IC), Fernanda R. Silva (PQ)¹

¹Universidade Federal de Itajubá

Palavras-chave: Antena, Fractal, 5G, Miniaturização, Eficiência.

Introdução

Esta pesquisa tem como objetivo projetar, analisar, comparar e discutir antenas de microfita com o uso de fractais do tipo Koch com geometrias triangular e retangular em operação na frequência de 3,5 GHz, além de propor uma configuração de antena que utiliza ambos os tipos de fractais com objetivo de melhorar a performance de operação em 3,5GHz. Tal pesquisa se faz necessária devido à carência de estudos direcionados a comparação direta de antenas fractais e à crescente demanda de dispositivos de radiofrequência que utilizam a tecnologia 5G.

Dessa forma é de extrema importância a busca de uma antena que opere de forma eficiente, reduzindo o uso de materiais como o cobre e o ouro e possibilitando a criação de equipamentos cada vez mais compactos. Tais equipamentos permitem o desenvolvimento de outras áreas da ciência que necessitam do uso de aparelhos com as menores dimensões possíveis.

A aplicação da geometria fractal em antenas é um tema bastante estudado nos últimos anos, uma vez que foi observado que antenas com iteração de geometria fractal apresentam as propriedades de preenchimento de espaço e auto similaridade. A propriedade de preenchimento de espaço, quando visto no contexto de antenas, representa o aumento do comprimento elétrico, significando a possibilidade de redução das dimensões físicas da antena e consequentemente a possibilidade de miniaturização.

Os resultados obtidos neste trabalho visam verificar o comportamento de antenas de microfita utilizando exclusivamente o fractal do tipo Koch operando em 5G, além de ter como contribuição científica uma configuração distinta de antena fractal utilizando a mistura de dois tipos diferentes de fractal Koch para operação em 5G visando a melhora de performance quando comparada com as antenas do tipo fractal Koch padrão.

Metodologia

Em primeiro momento foi necessário definir os parâmetros construtivos de projeto da placa, como o material utilizado como dielétrico, que foi definido como FR-4 e possui constante dielétrica relativa igual a 4,3, as dimensões da placa como a espessura do dielétrico e dos condutores de cobre, que foram definidos como 1,56 mm e 0,3mm respectivamente, e a largura e comprimento da placa definido como 30mm x 30mm seguindo a tendência de projeto visto em literaturas como [1] para que então fosse possível iniciar os projetos. O material utilizado como condutor foi definido como cobre sem perdas. Os testes foram efetuados em um software de simulação chamado *CSTStudio*. para observar a resposta de cada uma das antenas foram feitos em um intervalo de frequência entre 2,0 GHz até 8,0 GHz com a finalidade de se observar o comportamento em outras bandas caso fosse de interesse uma aplicação multibanda das antenas projetadas. A figura 1 apresenta um momento em que foi realizado a confecção de uma antena no software *CSTStudio*. Por seguinte foi desenvolvido uma antena de microfita retangular que seria a "base" para a aplicação de iterações de geometrias fractais tipo Koch. Deste modo, foi utilizado expressões encontradas em livros teóricos como em [1] para encontrar as medidas iniciais de dimensão da antena base (altura e largura). Após o uso de tais expressões, foi possível realizar a confecção de um modelo no software *CSTstudio* e então foi feito a simulação para averiguar os resultados de perda de retorno e diretividade. Como segundo passo, foi utilizado o software *Octave* para o desenvolvimento de um algoritmo que gera fractais do tipo Koch através de vetores e bases vetoriais. Utilizando este algoritmo foi possível se obter os pontos referentes ao plano de cobre e então os pontos obtidos através deste algoritmo foram exportados em um arquivo .txt. Após isso os pontos foram importados para o programa *CSTstudio* para realizar a confecção das antenas fractais e consequentemente fazer as simulações necessárias.

Resultados e discussão

As antenas montadas no software *CSTStudio* para fazer os testes podem ser vistas nas figuras 1 a 4. As figuras 2 e 3 apresentam as antenas fractais Koch triangular e

retangular respectivamente. A figura 4 apresenta a antena mesclada apresentada como contribuição científica por este artigo, com a finalidade de melhora de performance quando comparado com a antena Koch triangular e Koch retangular.

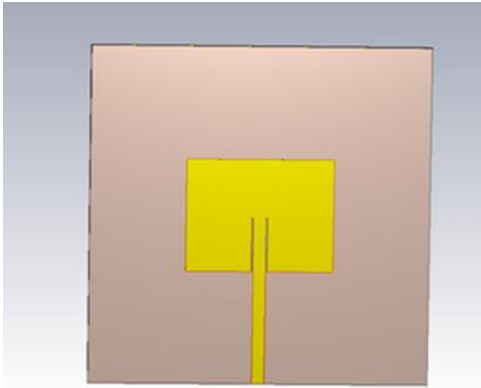


Figura 1- Antena Base.

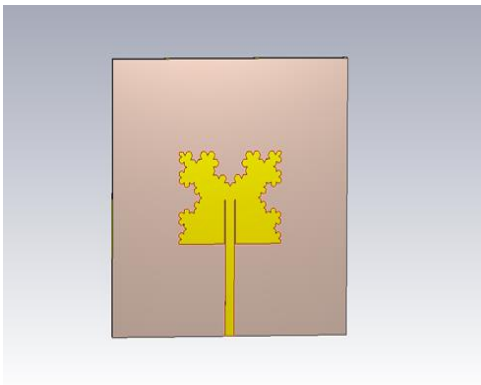


Figura 2 – Antena fractal Koch triangular.

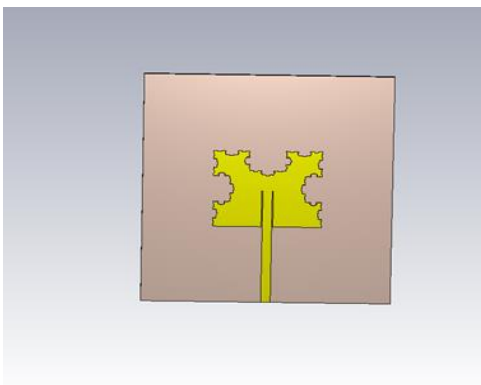


Figura 3- Antena fractal Koch retangular.

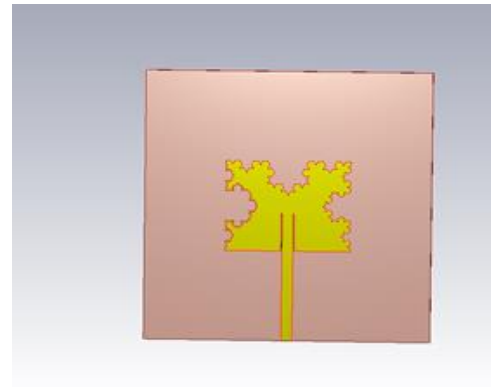


Figura 4- Antena fractal Koch mesclada.

Através dos resultados obtidos por simulação foi possível montar a tabela 1 com a finalidade de comparar o desempenho de cada uma das antenas montadas. A figura 5 apresenta os resultados de perda de retorno obtidos por todas as antenas. É possível perceber pela figura que o melhor resultado de perda de retorno obtido foi da antena base, algo que já era esperado de acordo com trabalhos como [6], enquanto o resultado menos vantajoso foi obtido pela antena Koch retangular. Também é de extrema importância observar que em relação a outras bandas a antena fractal Koch mesclada teve um maior valor de perda de retorno entre as quatro antenas, o que pode ser interessante para aplicação multibanda.

As antenas Koch triangular e Koch retangular apresentaram uma característica interessante ao suprimir uma banda (entre 5 GHz e 6 GHz) que antes estava presente na antena base, demonstrando uma maior seletividade e sendo mais imune a interferência de sinais com frequências indesejáveis, caso uma aplicação deste tipo seja necessária.

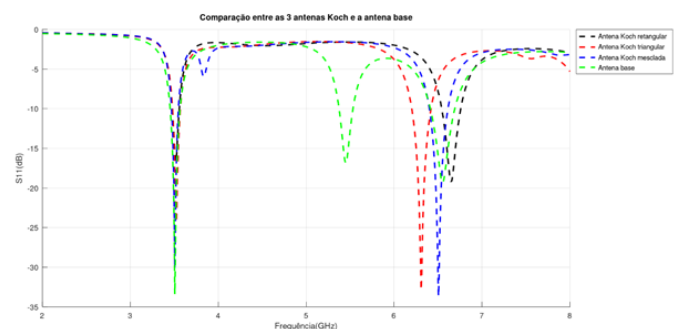


Figura 5 – Comparação de perda de retorno entre as 4 antenas

A figura 6 apresenta a largura de banda medida em -10dB de todas as antenas operando na faixa de 3,5 GHz. É possível perceber que a maior largura de banda é da antena base enquanto a menor largura de banda foi obtida pela antena Koch mesclada. Tal resultado pode ser bom para aplicações que necessitam de alta precisão e seletividade.

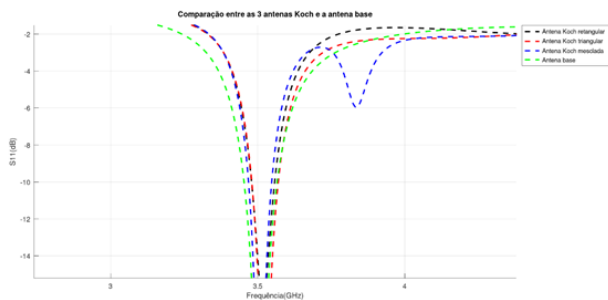


Figura 6- Comparação do tamanho de banda medido em -10dB

Tabela 1 – Comparação entre os resultados das antenas.

Antena	Frequência	Perda de retorno	Diretividade	Tamanho de Banda	Redu.
Base	3,506GHz	- 33,4dB	7,33dBi	113,03MHz	-
Koch Triang.	3,518GHz	- 24,3dB	6,86dBi	90,00Mhz	13%
Koch Retan.	3,524GHz	- 16,8dB	6,63dBi	80,00MHz	20%
Koch Mescl.	3,506GHz	- 30,2dB	6,50dBi	78,95MHz	17%

Conclusões

Pelo presente trabalho foi possível verificar os efeitos da aplicação dos fractais tipo Koch retangular e trianglar (3º ordem) em uma antena de microfita que opera em 3,5 GHz além de uma possível variação que tem como objetivo melhorar as deficiências de cada um destes fractais. Foi verificado que o uso do fractal Koch trianglar gerou uma boa redução de tamanho da antena microfita original, além de ter como característica forte o bom S11 juntamente com uma diretividade e ganho superior quando comparado com a versão Koch Retangular. Por outro lado, a variação Koch retangular se

demonstrou mais flexível a redução de suas dimensões, demonstrando uma grande possibilidade de compactação em equipamentos que necessitam de máxima otimização de espaço. Infelizmente, a antena fractal Koch retangular, assim como vista em artigos como [4] demonstrou uma performance de ganho, diretividade e S11 bem abaixo da antena fractal Koch trianglar, o que demonstra um grande problema em relação a operação da antena no geral. A solução proposta neste trabalho foi o uso de ambos os fractais para tentar extrair as melhores qualidades de ambas as antenas. Tal resultado foi possível ao aplicar-se em um lado da antena a iteração Koch Retangular enquanto os outros dois lados foram mantidos como Koch Triangular. A antena mesclada teve o resultado esperado, uma vez que houve uma significativa melhora no S11 quando comparada com os fractais Koch retangular e trianglar e uma melhora no ganho quando comparado com a variação Koch retangular. Entretanto a antena mesclada apresentou uma diretividade menor que a Koch retangular, sendo então a menos vantajosa entre as três neste aspecto.

Agradecimento

Ao CNPq, pela oportunidade oferecida em realizar esta pesquisa como bolsista PIBIC e a minha orientadora, Fernanda, pela paciência e confiança depositadas em mim ao longo deste período.

Referências

- [1] Constantine A. Balanis, Teoria de Antenas: Análise e Síntese - vol. 1 e vol 2. 3ª Edição, LTC
- [2] Matthew N.O. Sadiku, Elementos do Eletromagnetismo, Ed. Bookman, 3ª. Edição
- [3] PARAGYA, DHATU & SISWONO, HARTONO. (2020). 3.5 GHz Rectangular Patch Microstrip Antenna with Defected Ground Structure for 5G. ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika. 8. 31. 10.26760/elkomika.v8i1.31.
- [4] W. -L. Chen, G. -M. Wang and C. -X. Zhang, "Small-Size Microstrip Patch Antennas Combining Koch and Sierpinski Fractal-Shapes," in IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, vol. 7, pp. 738-741, 2008, doi: 10.1109/LAWP.2008.2002808.
- [5] Sharma, N, Bhatia, SS. Comparative analysis of hybrid fractal antennas: A review. Int J RF Microw Comput Aided Eng. 2021; 31:e22762. <https://doi.org/10.1002/mmce.22762>
- [6] MINIATURIZAÇÃO DE ANTENAS TIPO PATCH RETANGULAR EM MICROFITA UTILIZANDO A CURVA FRACTAL DE KOCH Elder Eldervitch C. de OLIVEIRA (1); Paulo H. da F. SILVA (2); Sandro G. da Silva

- (3). Connepi, 2008.
- [7] GUPTA, K. C., GARG, R., BAHL, I. J. Microstrip lines and slotlines. Artech. Washington. 1979.
- [8] Paul H. Young. Electronic Communication Techniques. Prentice Hall, 2004
- [9] Pozar, David M. Microwave Engineering. Hoboken, NJ :Wiley, 2012.
- [10] NOTAROS, Branislav M.; Eletromagnetismo. 1ª Edição, Editora Pearson 2012.
- [11] Werner, D.H.; Haupt, R.L.; Werner, P.L.: Fractal antenna engineering: the theory and design of fractal antennas arrays. IEEE Antennas Propag. Mag., 41 (5) (1999), 37–59.