

ANTENA DE MICROFITA RETANGULAR DE PERFIL BAIXO E MINIATURIZADA PARA APLICAÇÕES EM TECNOLOGIA 5G

Amanda Laís Faheina Agra¹, Clara Leticia de Sousa Carvalho¹, Humberto Dionísio de Andrade¹, José Lucas da Silva Paiva¹, Édson Fernandes Chaves Filho¹, Matheus Emanuel Tavares Sousa¹

¹Centro de Engenharias – Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA)
Caixa Postal 137 – 59625-900 – Mossoró – RN – Brasil

amanndaagra@gmail.com, claraleticiasc@hotmail.com
humbertodionisio@ufersa.edu.br, jose.paiva@ufersa.edu.br,
edson.fernandes.chaves.381@gmail.com e matheus.sousa@ufersa.edu.br

Abstract. *The growth of telecommunication systems and the constant demand for innovation in this area, has brought a relevant increase in connection between people and objects, however the reflection of this expansion results in a congestion of data that affects the quality of connectivity. Still, there is high expectations from users for more efficient and innovative technology. It is in this scenario that the fifth generation (5G) of wireless communication emerges. This topic will be studied in this article through the development and simulation of a miniaturized microstrip antenna with a rectangular patch for the frequency of 3.6 GHz.*

Resumo. O crescente desenvolvimento de sistemas de telecomunicação e a constante demanda de inovação nesta área, trouxe um aumento de conexão entre pessoas e objetos, porém o reflexo desta ampliação resulta em um congestionamento de dados que afeta a qualidade da conectividade. Ainda assim, há grande expectativa dos usuários por uma tecnologia mais eficiente e inovadora. É neste cenário que emerge a quinta geração (5G) de comunicação sem fio que será estudada no presente artigo por meio do desenvolvimento e simulação de uma antena de microfita miniaturizada de *patch* retangular para aplicações na frequência de 3,6 GHz.

1. Introdução

Com um crescimento significativo no uso de sistemas de comunicação, a capacidade de trânsito de dados se aproxima dos limites do 4G. O aumento constante do uso de dados de sistemas de radiocomunicação e sem fio demanda espaço no espectro de frequências. Além disso, os usuários esperam operações mais eficientes e a otimização dos serviços, possibilitando maiores experiências no campo das telecomunicações. Resolvendo essa adversidade e garantindo o avanço tecnológico, a tecnologia de quinta geração (5G) se destaca por suas características e benefícios, como a exploração do espectro de frequências com o objetivo de diminuir o congestionamento de dados e possíveis interferências (KATZ, MATINMIKKO-BLUE, & LATVA-AHO, 2018).

Mais do que isso, a nova geração contribui positivamente no desempenho de sistemas sem fio, oferecendo melhor cobertura, conectividade, eficiência energética e redução de custos. (VARUM e MATOS, 2018). Embora esse assunto gire em torno de uma tecnologia revolucionária, ainda existem trabalhos e estudos a serem desenvolvidos para uma melhor aplicabilidade dessa nova geração, uma vez que são necessários grandes investimentos para

implementar tecnologias relacionadas à rede, bem como a otimização de dispositivos, para garantir total implemento do uso de bandas de frequência muito alta (KATZ et al., 2018). Tendo conhecimento desta tecnologia e de seus desafios, este artigo propõe uma análise de uma antena de microfita de *patch* retangular miniaturizada aplicada à nova tecnologia da nova geração, trabalhando na frequência de 3,6 GHz para dados móveis.

2. Referencial Teórico

Esta seção tem como objetivo discutir e introduzir estudos e observações sobre o assunto em questão, fornecendo uma base teórica para o projeto e análise da antena proposta.

2.1. Tecnologia 5G

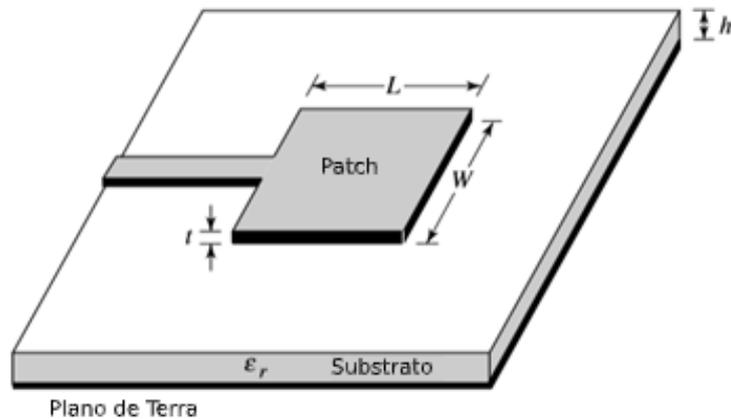
Toda geração de rede tende a evoluir sua capacidade ajustando-se a frequências mais altas de bandas menos congestionadas, permitindo mais usuários e maior capacidade troca de dados, o que não é diferente para a quinta geração. Além de descongestionar o tráfego, as redes 5G permitirão uma distribuição mais eficiente dos campos de comunicação, cobrindo também os locais mais remotos com o uso de sensores conectados, convertendo cidades regulares em cidades inteligentes (VARUM e MATOS, 2018).

Dito isto, a quinta geração inclui em suas aplicações de rede conectividade além do comum, sendo um fator chave no desenvolvimento da Internet das Coisas. A internet das coisas tem sido um tópico constante nos últimos anos e a tecnologia 5G pode abrir a porta para torná-la realidade. Por exemplo, a tecnologia sem fio está sendo aplicada em sensores de veículos (VARUM e MATOS, 2018) e o uso da nova geração nesta operação permite um tempo de resposta mais rápido, garantindo um uso mais seguro e eficiente desse sistema de automação. Nesse cenário, a melhora da comunicação de muitos outros dispositivos pode mudar a maneira como a humanidade vive, fornecendo capacidade para conexões simultâneas e eficientes entre dispositivos, criando redes inteligentes, resultando em cidades inteligentes, telemedicina e outros (KUMAR, LAHORIA, & RANA, 2016). As faixas de frequência ISM (*Industrial Scientific and Medical*) determinam e organizam diferentes bandas do espectro de frequência para determinadas aplicações (SOARES, 2014). Neste trabalho será explorado a frequência 3,6 GHz para aplicação na área de dados móveis.

2.2. Antenas de Microfita

O dispositivo responsável por irradiar e receber ondas de rádio é chamado de antena (BALANIS, 2009). Segundo Godara (2002), as antenas desempenham um papel muito importante na operação e funcionamento dos sistemas de comunicação sem fio, convertendo energia de uma forma para outra, sendo estas, as ondas eletromagnéticas que viajam no espaço livre e os sinais eletromagnéticos guiados nos circuitos. Para atender aos requisitos de versatilidade e custo-benefício da rede 5G, as antenas de microfita e suas características podem ser usadas com sucesso se bem projetadas.

Uma antena de microfita pode ser definida como um material dielétrico, chamado substrato, coberto por um material metálico, sendo este o *patch* de um lado e um plano de terra do outro que, neste caso, é completamente preenchido. Um *patch* pode assumir formatos muito diferentes, neste caso a Figura 1 representa uma configuração de *patch* retangular que funciona como um elemento radiante (BALANIS, 2009).

Figura 1: Antena de microfita com *patch* retangular.

Fonte: Balanis, 2009 (Adaptada).

Como mostrado na Figura 1, existem parâmetros essenciais para um projeto de antena de microfita, que é a constante dielétrica de permissividade (ϵ_r) do substrato, que interfere diretamente no tamanho e na robustez do projeto, no comprimento (L) e na largura (W) do *patch* e a altura do substrato (h) e dos componentes metálicos (t). Esse tipo de antena possui características interessantes para explorar o campo das aplicações 5G por serem compactas e de fácil construção, pois podem ser integradas em placas de circuito impresso (BALANIS, 2009).

2.3. Técnicas de Miniaturização

A melhoria do tamanho da antena é um fator atraente para se trabalhar, principalmente devido à alta demanda de dispositivos menores nos sistemas de comunicação móvel. Para alcançar esse efeito, diferentes técnicas podem ser aplicadas no design de uma antena. Por exemplo, é possível miniaturizar uma antena realizando aberturas na estrutura do *patch* e consequentemente aumentando a densidade de corrente em algumas áreas específicas (ISLAM e LATRACH, 2013). Outra técnica são os CSRRs no plano terra, reduzindo o tamanho do dispositivo (NORNIKMAN et al., 2012). Uma técnica mais intuitiva é usar um substrato de constante de permissividade dielétrica alta, reduzindo a altura e as dimensões da antena de microfita (BYUNGJE e HARACKIEWICZ, 2002). Dito isto, o método de miniaturização utilizado neste trabalho está focado no uso de um substrato com de alta constante de permissividade dielétrica, neste caso um R03006 com $\epsilon_r = 6,15$.

3. Materiais e Métodos

Para uma análise simplificada, este artigo propõe uma antena de *patch* retangular e plano terra de cobre de uma antena de microfita atuando na frequência de 3,6 GHz para aplicação 5G alimentada por uma linha de transmissão usando a técnica de inset fed para casamento de impedâncias, além da miniaturização baseada em um substrato dielétrico R03006 com $\epsilon_r = 6,15$ e altura de 0,25 mm.

Segundo Balanis (2009), o procedimento de projeto começa com a determinação da largura do *patch* utilizando a fórmula a seguir:

$$W = \frac{v_0}{2 \times f_r} \times \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (1)$$

Onde v_0 é a velocidade da luz no espaço livre e f_r a frequência ressonante desejada. O próximo passo é calcular a constante dielétrica efetiva e a extensão do comprimento:

$$\varepsilon_{reff} = \frac{\varepsilon_r + 1}{2} + \frac{\varepsilon_r - 1}{2} \times \left[1 + 12 \times \frac{h}{W} \right]^{-1/2} \quad (2)$$

$$\Delta L = h \times 0,412 \times \frac{(\varepsilon_{reff} + 0,3) \times (\frac{W}{h} + 0,264)}{(\varepsilon_{reff} - 0,258) \times (\frac{W}{h} + 0,8)} \quad (3)$$

Uma vez encontrado esses parâmetros, é possível determinar o comprimento do *patch* por meio da utilização da seguinte fórmula:

$$L = \frac{l}{2 \times f_r \times \sqrt{\varepsilon_{reff}} \times \mu_0 \times \varepsilon_0} - 2 \times \Delta L \quad (4)$$

De acordo com Ayegba (2017) as dimensões do plano de terra e, neste caso, também do substrato, podem ser calculadas por meio das duas equações a seguir:

$$L_g = L + (6 \times h) \quad (5)$$

$$W_g = W + (6 \times h) \quad (6)$$

Pozar (2012) define que o comprimento da linha de transmissão pode ser obtido utilizando:

$$L_0 = \frac{v_0}{4 \times f_r \times \sqrt{\varepsilon_{reff}}} \quad (7)$$

Ainda de acordo com Pozar (2012) a largura da linha de transmissão pode ser encontrada com a determinação dos seguintes parâmetros:

$$A = \frac{Z_0}{60} \times \sqrt{\frac{\varepsilon_r + 1}{2} + \frac{\varepsilon_r - 1}{\varepsilon_r + 1}} \times \left(0,23 + \frac{0,11}{\varepsilon_r} \right) \quad (8)$$

$$B = \frac{377 \times \pi}{2 \times Z_0 \times \sqrt{\varepsilon_r}} \quad (9)$$

Onde Z_0 é a impedância característica da linha de transmissão da antena de microfita que pode ser considerada igual a 50Ω . Então,

$$\frac{W_0}{h} = \frac{8 \times e^A}{e^{2A} - 2}; \text{ para } \frac{W_0}{h} < 2 \quad (10)$$

$$\frac{W_0}{h} = \frac{2}{\pi} \times \left[B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\varepsilon_r - 1}{2 \times \varepsilon_r} \times \left\{ \ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\varepsilon_r} \right\} \right]; \text{ para } \frac{W_0}{h} \geq 2 \quad (11)$$

Para finalizar o design da antena é aplicado ao projeto da técnica do inset fed que é responsável pelo casamento de impedância. O comprimento do inset fed pode ser determinado pela Equação 12 (RAMESH e YIP, 2003).

$$d = 10^4 (0,001699 \times \varepsilon_r^7 + 0,13761 \times \varepsilon_r^6 - 6,1783 \times \varepsilon_r^5 + 93,187 \times \varepsilon_r^4 - 682,69 \times \varepsilon_r^3 + 2561,9 \times \varepsilon_r^2 - 4043 \times \varepsilon_r + 6697) \times \frac{l}{2} \quad (12)$$

Também, a largura do inset fed pode ser calculada por meio da Equação 13 ou até um quarto da largura da linha de transmissão para possíveis variações no projeto (MATIN e SAYEED, 2010).

$$g = \frac{v_0}{\sqrt{2 \times \varepsilon_{reff}}} \times \frac{4,65 \times 10^{-12}}{f_r} \quad (13)$$

Após a definição dos parâmetros da antena, utiliza-se o software HFSS para realizar as devidas simulações e obter os resultados necessários para realizar análise da antena estudada.

4. Resultados

Após dimensionamento e devidos ajustes os valores de projeto resultantes estão apresentados na Tabela 1.

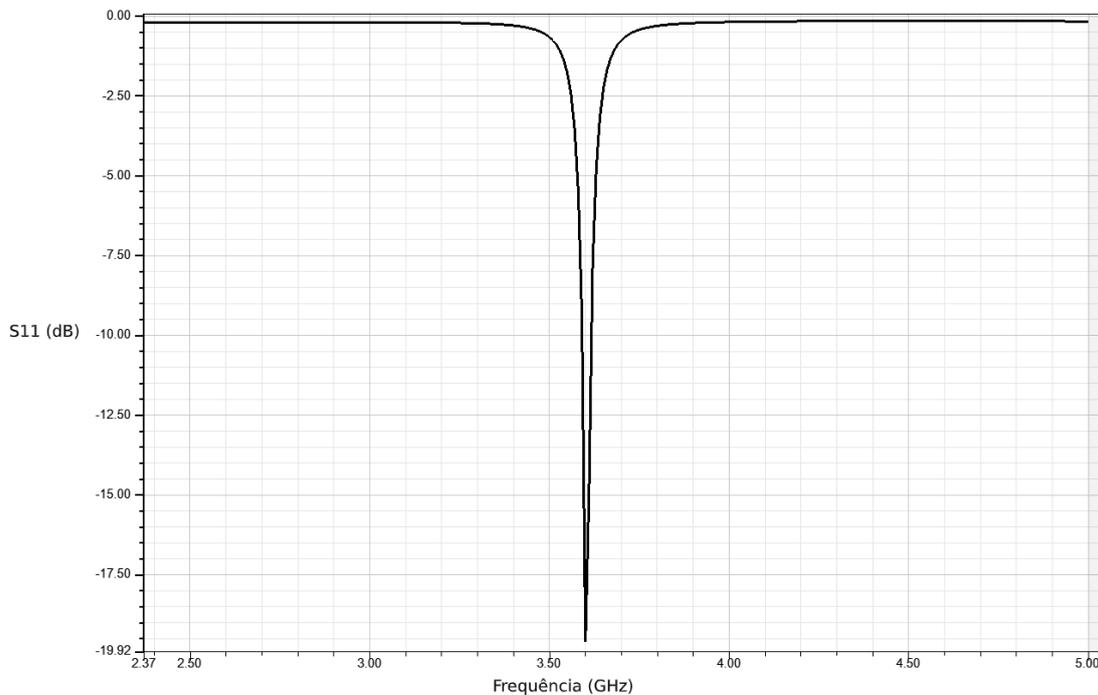
Tabela 1: Dimensões da Antena

	W (mm)	L (mm)	W_g (mm)	L_g (mm)	W_0 (mm)	L_0 (mm)	d (mm)	g (mm)
Dimensão	20,4	15,6	35,87	31	0,4	8,84	5,8	0,22

Fonte: Autoria Própria, 2020.

Desta forma, os parâmetros analisados para este perfil de antena foram a perda de retorno (Figura 2) e o ganho 3D (Figura 3) e 2D (Figura 4), obtidos por meio de simulações no software HFSS.

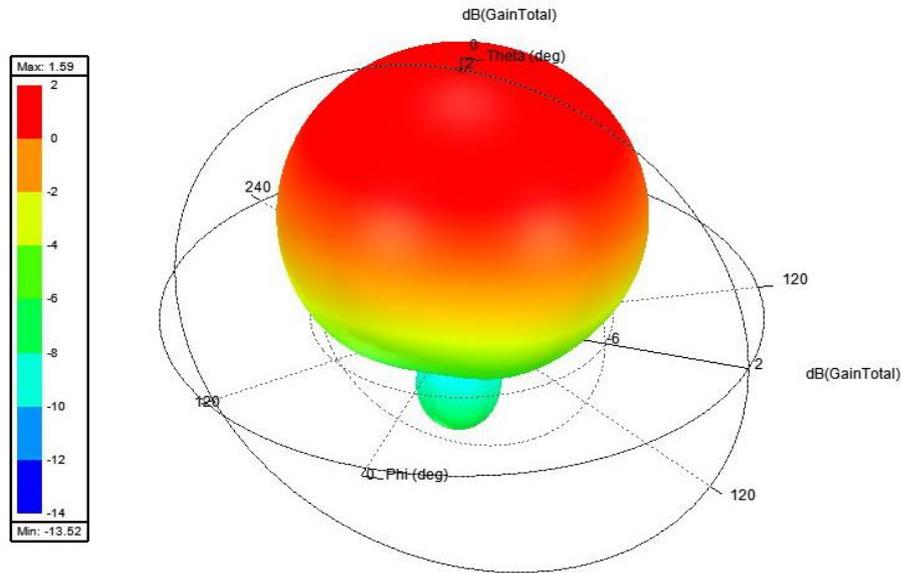
Figura 2: Perda de Retorno



Fonte: Autoria própria, 2020.

A perda de retorno resultante encontra-se abaixo de -10 dB, estando em -19,59 dB convergindo frequência de ressonância de 3,6 GHz, assim como proposto neste trabalho. Além disso, possui largura de banda de 0,03 GHz, sendo considerada uma banda estreita. Essa característica se dá devido a técnica de miniaturização por meio de substrato com permissividade dielétrica alto e perfil baixo. A largura de banda, neste caso, não se apresenta ideal para a aplicação a qual ela atua, podendo ser incrementada por meio da diminuição do plano de terra, tornando-a mais aplicável a tecnologia 5G.

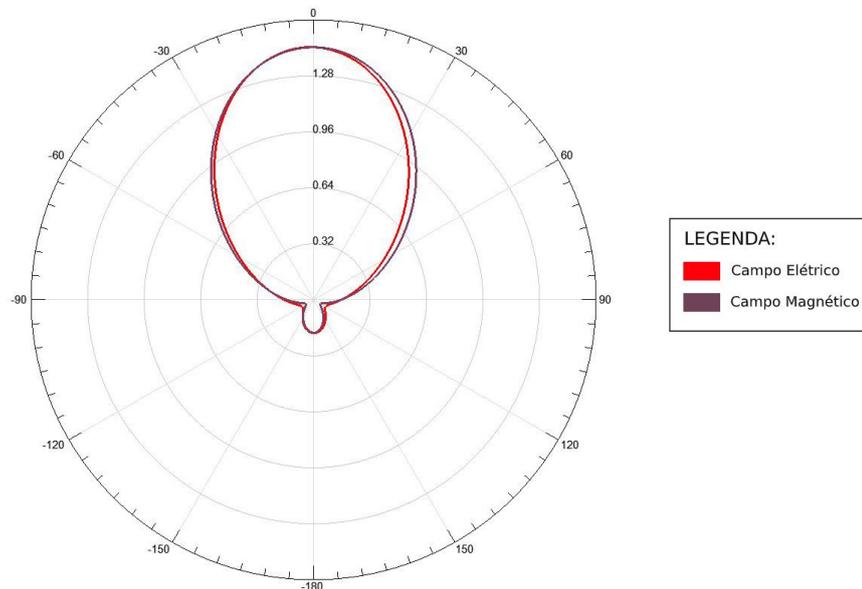
Figura 3: Ganho 3D



Fonte: Autoria própria, 2020.

A Figura 3 e Figura 4 demonstram o ganho da antena, que tem seu máximo em 1,59 dB e seu padrão de radiação a partir de sua saída pelo *patch*.

Figura 4: Ganho 2D



Fonte: Autoria própria, 2020.

A partir dos dados analisados, observa-se que a antena estudada possui uma boa diretividade mesmo sendo a formação de lobos secundários uma característica do método de miniaturização abordado neste estudo, o que influencia diretamente na eficiência da antena estudada.

5. Conclusão

Foi projetado e apresentado um modelo de antena de *patch* retangular miniaturizada por meio do uso de um substrato de alta permissividade dielétrica para aplicações na frequência de 3,6 GHz na atuação 5G em dados móveis, uma vez que a antena de microfita apresentada é de extrema aplicabilidade a nova tecnologia devido a suas principais características, como seu baixo peso, baixo perfil e fácil construção, uma vez que podem ser integradas em placas de circuito impresso, o que facilita sua implantação em dispositivos móveis. Porém, de acordo com as simulações apresentadas, a largura de banda na qual a antena atua ainda deve ser ajustada para que atenda às necessidades do projeto. Por outro lado, percebe-se que mesmo devido a deterioração resultante da miniaturização, a antena de microfita ainda possui boas características de diretividade e perda de retorno, mesmo sendo necessário uma maior intensidade de radiação.

6. Referências

- AYEGBA A., FONYUY W. D., ADEJOH I. Y., ODOMA A. N. Design of A 4.5 GHz Rectangular Microstrip Patch Antenna. 2017. International Journal of Trend in Research and Development, Volume 4.
- BALANIS, C. A. Teoria das Antenas: Análise e Síntese. vol. 1 e 2. 3ª ed. 2009. Rio de Janeiro: LTC.
- BYUNGJE L., HARACKIEWICZ F. J. Miniature microstrip antenna with a partially filled high-permittivity substrate. 2002. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 50(8), 1160–1162.
- GODARA, L. C. Handbook of Antennas in Wireless Communications. 2002. Boca Raton: CRC Press.
- ISLAM S., LATRACH M. Design Construction and Testing of a Compact Size Patch Antenna for RFID Applications. 2012. Microwave and Optical Technology Letters, 55(12), 2920–2925.
- KATZ, M., MATINMIKKO-BLUE, M., LATVA-AHO M. 6Genesis Flagship Program: Building the Bridges Towards 6G-Enabled Wireless Smart Society and Ecosystem. 2018. IEEE 10th Latin-American Conference on Communications (LATINCOM).
- KUMAR N., LAHORIA N., RANA S. 5G Future Communication: Requirements & Challenges. 2016.
- NORNIKMAN H., AHMAD B. H., ABD AZIZ, M. Z. A., OTHMAN, A. R. Effect of single complementary split ring resonator structure on microstrip patch antenna design. 2012. IEEE Symposium on Wireless Technology and Applications (ISWTA).
- POZAR, D. M. Microwave Engineering. 4 ed. 2012. United States of America: John Wiley & Sons.
- RAMESH, M., YIP, K. B. Design inset-fed microstrip patch antennas. 2003. Disponível em: <<http://mwrfl.com/components/design-inset-fed-microstrip-patch-antennas>>. Acesso em 03 de fev 2020.
- SOARES, M. D. Tutoriais banda larga: WLAN X Sistemas Móveis Celulares. 2004. Disponível em: <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialwlanx/pagina_3.asp>. Acesso em 03 fev de 2020.
- VARUM T., RAMOS A., MATOS, J. N. Planar microstrip series-fed array for 5G applications with beamforming capabilities. 2018. IEEE MTT-S International Microwave Workshop Series on 5G Hardware and System Technologies (IMWS-5G).