

Estudo de uma antena Yagi-Uda e uma antena log-periódica para aplicações futuras em tecnologia 5G.

Otávio F. Silva¹, Idalmir de S. Q. junior², Stefany K. dos S. de S. Queiroz³, José L. da S. Paiva, Humberto D. de Andrade

¹Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica (PPGEE) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)

Caixa Postal 137 - 59625 - 900 – Mossoró – Rio Grande do Norte - Brasil.

ofeitosa94@gmail.com, stefanykariny94@gmail.com,
idalmir@ufersa.edu.br, jose.paiva@ufersa.edu.br,
humbertodionisio@ufersa.edu.br

Abstract. *In this paper, two antennas were proposed, an Yagi-Uda and a log-periodic, for futures applications in 5G technology, operating in a frequency of 3.5GHz. They were both designed, simulated and built to obtain e comparing the parameters required. The Yagi-Uda and log-periodic antennas presented satisfying results in return loss, with -34.33dB and -29.44dB with 9.71% and 6.57% of bandwidth respectively for simulation. For constructed antennas, both present a contrast about simulation, but the log-periodic showed a satisfied S11 parameter and a bandwidth, covering a band of 3.39 to 3.89 GHz, representing a 14.27% of bandwidth.*

Resumo. *Neste artigo, duas antenas foram propostas, uma Yagi-Uda e uma log-periódica, para aplicações futuras na tecnologia 5G, operando em uma frequência de 3,5 GHz. Ambas foram projetadas, simuladas e construídas para obter e comparar os parâmetros necessários. As antenas Yagi-Uda e log-periodic apresentaram resultados satisfatórios em perda de retorno, com -34,33dB e 29,44dB com 9,71% e 6,57% de largura de banda respectivamente para simulação. Para antenas construídas, ambas apresentam um contraste em relação à simulação, mas o log-periódico mostrou um parâmetro S11 satisfeito e uma largura de banda, cobrindo uma faixa de 3,39 a 3,89 GHz, representando 14,27% da largura de banda.*

1. Introdução

A próxima geração de comunicação sem fio, a tecnologia 5G, vai proporcionar uma série de mudanças que vão impactar positivamente os meios de comunicação sem fio, e ainda, impulsionar a produção e pesquisa de vários tipos de antenas que irão ser utilizadas para operar com essa nova tecnologia [Andrews 2014].

As antenas de micro-ondas têm sido projetadas de forma impressa em estruturas planas de microfita devido pequeno tamanho e peso, baixo preço e facilidade de fabricação e preço. Os principais problemas encontrados para antenas de micro-ondas impressas são a baixa eficiência, componente transversal polar do campo radiado relativamente alta,

largura de banda de frequência estreita e propagação de onda na superfície do substrato [Zheng 2013]-[Casula 2004]. Esses problemas podem ser controlados utilizando técnicas de aprimoração para as antenas de microfita, assim como formas geométricas alternativas para construção das antenas [Miura 2018]-[Prasad 2016].

Recentemente, a microfita tem sido utilizada para criar versões impressas de antenas convencionais como a Yagi-Uda e a log-periódica. Esses modelos são criados com o intuito de aproveitar as características da microfita, diminuindo o tamanho da antena e consequentemente seu custo, porém, mantendo as características principais de operação das antenas tradicionais [Casula 2004]-[Whang 2017]-[Zhai 2014].

A antena Yagi-Uda é conhecida por seu design simples e seu ganho elevado. Ela é composta por dipolos lineares, sendo um elemento condutor, um refletor e um ou mais elementos diretores. Uma das maiores desvantagens de uma Yagi-Uda é seu grande tamanho em relação a outras antenas [Balanis 1982]. Uma dessas versões impressas, a antena consiste em três elementos principais – alimentador, refletor e parasitas diretores – impressos na camada superior do substrato e enquanto o plano terra atua como elemento refletor promovendo diretividade para a antena [Zheng 2013].

As antenas log-periódicas são consideradas antenas independentes de frequência, cujo possuem uma estrutura geométrica que faz com que suas características de impedância e radiação se repitam periodicamente como um logaritmo de frequência [Stutzman 1988]. Em sistemas de comunicação, é comum utilizar uma antena log-periódica com um arranjo de dipolos (LPDA) em versão impressa, devido a características de pico de radiação, largura de banda e ganho moderado [Isbell 1960].

Este trabalho apresenta uma comparação de uma antena Yagi-Uda e uma antena log-periódica, ambas impressas em estruturas planares de microfita operando em uma faixa de frequência de 3.5 GHz. A faixa de frequência proposta é uma das faixas de operação da tecnologia 5G.

2. Modelagem e simulação das antenas propostas

As antenas propostas para análise deste artigo foram elaboradas usando o substrato FR4 com $\epsilon = 4,4$ e altura de 1,57 mm e projetadas para operar em uma frequência de 3,5GHz. As antenas foram projetadas e simuladas utilizando o software HFSS.

2.1 Yagi-Uda

A antena Yagi-Uda proposta foi uma adaptação das antenas desenvolvidas em [Whang 2017] e [Gómez-Yuste 2017] para a frequência de 3,5GHz em um substrato de FR4 com dimensões de 84mm x 60mm. A antena é composta por um dipolo alimentador, um elemento refletor e 3 elementos diretores. O dipolo é dividido pela metade e disposto em lados opostos do substrato, onde cada metade é alimentada por duas linhas de transmissão paralelas impressas nas faces superior e inferior do substrato, atuando com um balun. Dessa maneira, o plano terra terá formato espelhado ao alimentador da antena. O elemento refletor é conectado ao alimentador por uma linha de transmissão. Os elementos diretores foram dispostos acima do alimentador separador de maneira simétrica. Todos os elementos possuem comprimentos iguais. A Figura 1 ilustra a maneira como ela foi modelada e a Tabela 1 especifica os valores usados.

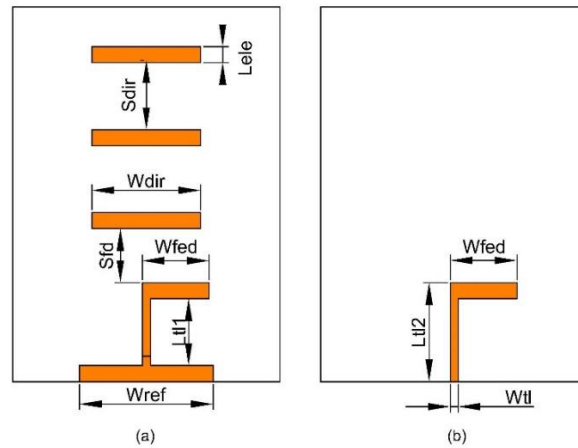


Figura. 1: Modelagem da antena yagi-uda (a) vista superior (b) vista posterior

Tabela 1: Medidas para antena yagi-uda.

Parâmetro	Lele	Lt1	Lt2	Wdir	Wfed	Wref	Sdir	Sfd
Valor	3,60	15,00	18,60	24,36	15,00	30,00	15,00	15,00

O parâmetro Lele representa o comprimento de todos os elementos da antena. Lt1 representa o comprimento da linha de transmissão na face superior e Lt2 representa o comprimento na face posterior. Wdir representa a largura dos elementos diretores, Wfed dos elementos alimentadores e Wref do elemento refletor. Sdir representa o espaçamento entre os diretores e Sfd a distância entre o alimentador e o primeiro diretor.

A antena foi alimentada através de um conector com impedância de 50Ω . A Figura 2 ilustra as vistas superior e inferior da antena.

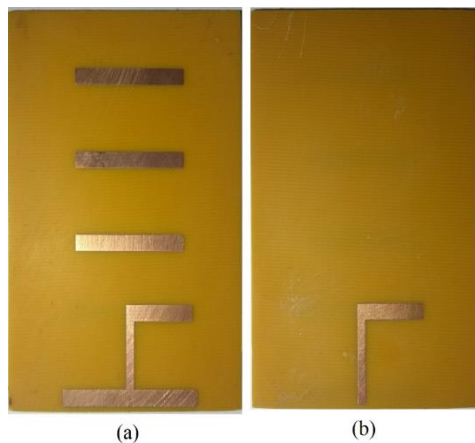


Figura. 2: Antena Yagi-Uda construída (a) vista superior (b) vista posterior

2.2 Log-periodica

Essa antena proposta seguiu um modelo aproximado proposto em [Casula 2013] e [Carrel 1961], baseado na modelagem matemática específica de projeto, sendo proposto algumas adaptações para que possa operar na forma que se faz necessária. A antena log-periódica proposta foi elaborada como um arranjo de dipolos impressos em microfita nas duas faces do substrato com dimensões 98mm x 55mm, sendo duplamente alimentadas em ambas as faces. Os parâmetros para o projeto foram: número de dipolos $n=10$, abertura angular $2\alpha = 30^\circ$ e log-período $\tau = 0,742$. Os dipolos foram dispostos de maneira intercalada e divididos igualmente entre a face superior e inferior do substrato. O comprimento do maior dipolo é dado em função da frequência requerida de 3.5 GHz, tendo um valor de $L_n = 22,53\text{mm}$. A largura dos demais dipolos foram computados de acordo com a equação 1:

$$\frac{L_{n+1}}{L_n} = \frac{1}{\tau} \quad n = 1,2,3, \dots, 10 \quad (1)$$

Para encontrar o comprimento do dipolo, foi considerada uma impedância característica de 50Ω , de modo que correspondesse com a impedância da alimentação. Considerando um dipolo cilíndrico, a expressão da impedância de um dipolo pode ser dada pela equação 2:

$$Z_n = \frac{\eta_0}{\pi} \left[\ln\left(\frac{L_n}{a_n}\right) - 2.25 \right] \quad (2)$$

Onde o a_n é o raio do dipolo. Para achar o perímetro equivalente do dipolo cilíndrico para ser implementado em uma estrutura plana, foi utilizada a equação 3:

$$W_n = \pi a_n \quad (3)$$

O comprimento dos demais dipolos foram dadas pela equação 4:

$$\frac{W_{n+1}}{W_n} = \frac{1}{\tau} \quad n = 1,2,3, \dots, 10 \quad (4)$$

O espaçamento foi dado de acordo com a equação 5:

$$\frac{S_{n+1}}{S_n} = \frac{1}{\tau} \quad n = 1,2,3, \dots, 10 \quad (5)$$

A tabela 2 mostra os valores das dimensões dos dipolos e o espaçamento entre eles. Tendo $n=10$, tem-se a disposição dos valores encontrados na tabela 1 ilustrados na Figura 3. A contagem regressiva dos elementos segue até $n-9$, que são os valores para o menor dipolo.

Tabela 2. Valores calculados para a antena log-periódica.

Dipolo	$L_n(mm)$	$W_n(mm)$	$S_n(mm)$
1	1,53	0,44	-
2	2,06	0,59	1,81
3	2,78	0,80	2,44
4	3,75	1,08	3,29
5	5,05	1,45	4,43
6	6,80	1,96	5,97
7	9,17	2,64	8,05
8	12,36	3,55	10,85
9	16,65	4,79	14,62
10	22,44	6,45	19,70

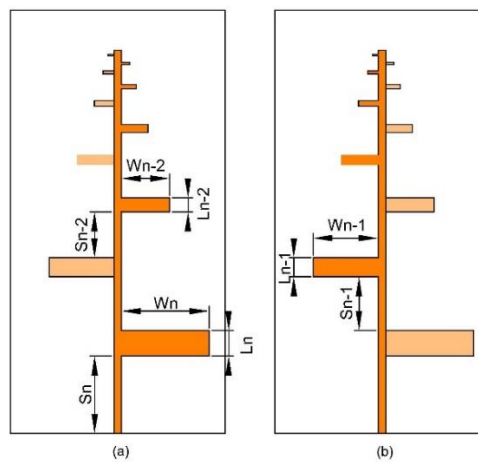


Figura 3: Modelagem da antena log-periódica (a) vista superior (b) vista posterior

A Figura 4 ilustra a antena construída e com o conector para medição.

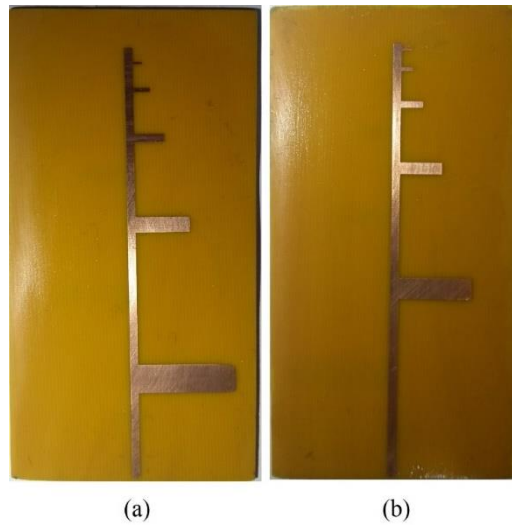


Figura 4: Antena log-periódica construída (a) vista superior (b) vista posterior

3. Resultados

Após projetadas, simuladas e construídas foram feitas as comparações entre os resultados dos parâmetros medidos e simulados das antenas. Os parâmetros das antenas foram medidos utilizando um *Vector Network Analyzer* (VNA) da linha R&S®ZND e comparados com os valores da simulação do HFSS através do software Origin8.

3.1 Antena Yagi-Uda

A Figura 5 ilustra a comparação de resultados simulado e medido de perda de retorno para a antena Yagi-Uda. A simulação mostra que a antena obteve uma largura de banda entre 3.42-3.64 GHz, o que representa 6.57% da faixa de frequência, com -29.44 dB para a frequência de 3.5 GHz. O valor medido apresentou comportamento diferente da simulação, com duas larguras de banda correspondendo as faixas de 2.89 a 3.26 GHz e 3.53 a 3.63GHz, com -8.17 dB para a frequência de 3.5 GHz.

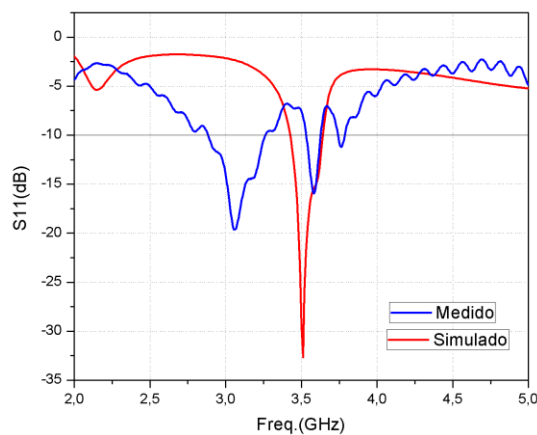


Figura 5: Perda de retorno medida e simulada para a antena Yagi-Uda.

3.2 Antena log-periódica

A Figura 6 ilustra a comparação de resultados simulado e medido de perda de retorno para antena log-periódica. A simulação mostra que a antena obteve uma largura de banda entre de 3.42-3.76 GHz, o que representa 9.71 % da faixa de frequência, com de -34.33 dB em 3.50 GHz. O valor medido apresentou comportamento ligeiramente diferente da simulação, com várias faixas de frequência apresentando valores abaixo -10dB. Para o valor de interesse deste projeto, de 3.5GHz, a antena apresentou uma largura de banda que corresponde de 3.39 a 3.89 GHz, o que representa 14.28% da faixa de frequência, com valor de -18.33 dB para a frequência de 3.5 GHz.

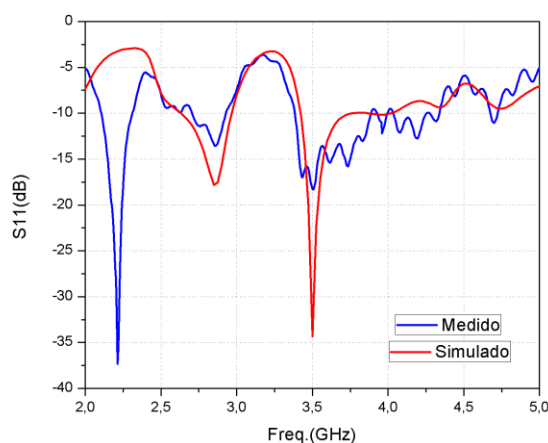


Figura 6: Perda de retorno medida e simulada para a antena log-periódica.

A Tabela 3 mostra a comparação dos resultados medidos e simulados dos parâmetros das antenas Yagi-Uda e log-periódica.

Tabela 3: Comparação dos resultados medidos e simulados.

Antena	S11(dB)	Largura de banda (GHz)
Yagi-Uda (simulada)	-29.44	3.42 - 3.64
Log-periódica (simulada)	-34.33	3.42 - 3.76
Yagi-Uda (construída)	-8.33	3.53 - 3.63
Log-periódica (construída)	-18.33	3.39 - 3.89

4. Conclusão

Neste trabalho, duas antenas -Yagi-Uda e log-periódica- foram propostas com a finalidade de operar numa frequência de 3.5GHz para aplicações futuras em tecnologia 5G. Ambas antenas obtiveram resultados distintos entre simulação e medição, sendo que para a antena Yagi-Uda os resultados se mostraram fora dos parâmetros exigidos,

enquanto a antena log-periódica, apesar do contraste entre simulação e medição, obteve valores satisfatórios para o funcionamento da antena, com destaque para a largura de banda de 500 MHz, que representa 14.28% da faixa de frequência. Para projetos futuros, fica a alternativa de refazer a antena Yagi-Uda para a validação dos resultados e melhor comparação entre as antenas, além de realizar as simulações e medições de ganho e irradiação padrão para melhor comparação de resultados.

REFERÊNCIAS

- ANDREWS, Jeffrey G. et al. What Will 5G Be? *Ieee Journal On Selected Areas In Communications*, [s.l.], v. 32, n. 6, p.1065-1082, jun. 2014. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).
- ZHENG, G. et al. Simplified feed for modified printed Yagi antenna. *Electronics Letters*, [s.l.], v. 40, n. 8, p.464-465, 2004. Institution of Engineering and Technology (IET).
- CASULA, Giovanni Andrea et al. Design of a printed log-periodic dipole array for ultra-wideband applications. *Progress In Electromagnetics Research C*, [s.l.], v. 38, p.15-26, 2013. EMW Publishing.
- MIURA, Yohei, Kazuo Yamashita, Rei Katoh, and Yuzo Shibuya. "Bandwidth Enhancement of a Series-Fed Microstrip Patch Array Antenna." In 2018 Asia-Pacific Microwave Conference (APMC), pp. 600-602. IEEE, 2018.
- PRASAD, R. K., Srivastava, D. K., & Saini, J. P. (2016, February). Gain and bandwidth enhancement of rectangular microstrip antenna by loading slot. In 2016 International Conference on Innovation and Challenges in Cyber Security (ICICCS-INBUSH) (pp. 304-307). IEEE.
- WANG, Hongwei; YANG, Guangli. Design of 4×4 microstrip Quasi-Yagi beam-steering antenna array operation at 3.5GHz for future 5G vehicle applications. 2017 International Workshop On Antenna Technology: Small Antennas, Innovative Structures, and Applications (iWAT), [s.l.], p.331-334, 2017.
- ZHAI, Guohua et al. Gain Enhancement of Printed Log-Periodic Dipole Array Antenna Using Director Cell. *Ieee Transactions On Antennas And Propagation*, [s.l.], v. 62, n. 11, p.5915-5919, nov. 2014. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).
- C.A. Balanis, *Antenna Theory*, 2nd Ed., John wily & sons, inc., New York.1982
- STUTZMAN, W.L., and Thiele, G.A.: 'Antenna theory and design' (Wiley, New York, 1998, 2nd edn.)
- ISBELL, D.. Log periodic dipole arrays. *Ire Transactions On Antennas And Propagation*, [s.l.], v. 8, n. 3, p.260-267, maio 1960. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).
- J. Gómez-Yuste, M. Cabedo-Fabrés, E. Antonino-Daviu, M. Ferrando-Bataller, "Mimetized printed Yagi-Uda antenna array for TDT reception", 2017 11th EUCAP, pp. 3104-3108, 2017.
- R. Carrel, "The design of log-periodic dipole antennas," *IRE Int. Conv. Rec.*, vol. 9, pp. 61–75,1961.