

Fabricação e testes de antenas de microfita aplicadas à tecnologia 5G

Janey Rodríguez García, Fernanda S. C. Leomil, Victor R. L. do Amaral, Thiago R. Paiva, Vanessa P. R. Magri e Tadeu N. Ferreira.

Resumo— Este artigo apresenta a fabricação e a caracterização experimental de 7 protótipos de antenas impressas de microfita de padrão retangular, para aplicação na nova tecnologia de comunicações sem fio de quinta geração (5G). Estas antenas são caracterizadas segundo um teste de perda de percurso em um ambiente *indoor* realizado no laboratório de propagação da Universidade Federal Fluminense em uma portadora (f_c) de 10 GHz. Os resultados experimentais são comparados com os resultados de simulação e apresentam banda passante de 250 MHz em $f_c = 10$ GHz. Entretanto pode atingir até 1 GHz de banda de transmissão na portadora de 26 GHz.

Palavras-Chave— 5G, Antena impressa, Antena de microfita, perda de percurso.

Abstract— This paper presents the fabrication and experimental characterization of 7 printed microstrip antennas prototypes with rectangular pattern for application to the new fifth generation wireless communications technology (5G). These antennas are characterized according to a path loss test in an indoor environment at Fluminense Federal University's propagation laboratory using a carrier (f_c) of 10 GHz. The experimental results are compared with the simulation results and present a bandwidth of 250 MHz for 10 GHz. It can reach up to 1 GHz of transmission bandwidth in a 26 GHz carrier.

Keywords—5G, Printed Antenna, Microstrip Antenna, Path loss.

I. INTRODUÇÃO

Com a chegada da rede de quarta geração (4G), tem ocorrido um avanço nas pesquisas na área, surgindo tecnologias promissoras, que podem ser aplicadas à rede 5G.

A arquitetura da rede de telefonia móvel atual consiste em uma estação rádio base (ERB) que estabelece a comunicação com as estações móveis, em ambiente *indoor* ou *outdoor*. Sobretudo em ambientes *indoor*, a comunicação com a ERB apresenta multipercurso, que pode ser avaliado de acordo com parâmetros específicos, como a taxa de transmissão de dados, a eficiência espectral e o consumo de potência. Como uma solução para minimizar tais problemas, pode-se considerar a separação da rede em ambientes *outdoor* e *indoor* na forma de femtocélulas. Tal configuração pode ser obtida mediante a combinação de Sistemas Distribuídos de Antenas e sistemas de MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) massivo. Sistemas MIMO são caracterizados por uma matriz de antenas que poderão ser instaladas na parte externa às construções, interligada à ERB por fibra óptica ou conectada através de um enlace de rádio frequência que interliga as matrizes de antenas distribuídas pela femtocélula. As antenas instaladas nas construções devem possuir cabos conectados aos pontos de acesso sem fio, e assim, os usuários vão se comunicar com os pontos de acesso ao invés da ERB [1].

O objetivo principal desta pesquisa é o desenvolvimento das antenas para o 5G [2, 3]. A seleção das frequências para a realização dos testes é inspirada no desenvolvimento da Samsung que opera em 28 GHz. Os testes realizados neste trabalho propõem as frequências de 10 GHz, 20 GHz e 26 GHz como possíveis candidatas ao licenciamento no Brasil.

Este projeto apresenta uma metodologia de pesquisa e desenvolvimento para a fabricação das antenas. A seção II descreve o dimensionamento das antenas e modelagem a partir da plataforma de simulação HFSS. Na seção III a fabricação das antenas é realizada no Laboratório de Propagação (Laprop) da UFF por meio de uma prototipadora de circuitos impressos LPKF S103 e as antenas fabricadas são caracterizadas por meio de perda de percurso em um ambiente *indoor*. Os resultados são comparados com os simulados nos comentários finais.

II. MODELO DOS PROTÓTIPOS

O tipo de antena escolhida para a fabricação é a antena de microfita, compatível com circuitos integrados de microondas. A estrutura básica de uma antena de microfita é composta por duas placas condutoras (elemento irradiador e plano de terra), separadas por um dielétrico (substrato). É selecionada a configuração do padrão retangular, *Patch*, devido às características do diagrama de irradiação, ganho e largura de feixe. [3]. Os substratos escolhidos de acordo com as características da aplicação são o FR-4 (fibra de vidro) e o Roger 5880 (Teflon) [4] levando em consideração que os parâmetros do substrato afetam desde a eficiência de irradiação da antena até sua impedância e largura de banda, como apresentado na tabela 1. São propostos 7 modelos de antenas, sendo que a antena número 1 é fabricada com FR4 e as antenas numeradas 2 a 7 com o Roger 5880. As alturas e espessuras de metalização de cada antena são escolhidas de acordo com o substrato utilizado e a frequência de operação. A antena 1 tem altura 1,575 mm e espessura de metalização de 0,035 mm. As antenas 2, 4 e 6 têm altura 0,254 mm e espessura de metalização de 0,017 mm, enquanto as antenas 3, 5 e 7 têm altura 0,787 mm e espessura de metalização 0,035 mm.

O dimensionamento das antenas é realizado a partir de cálculos que utilizam modelos implementados no MATLAB que incluem fórmulas correspondentes ao dimensionamento do *Patch*, do trecho de alimentação e do trecho de casamento [3]. É realizado o cálculo de perda de superfície devido ao efeito pelicular, eficiência, fator de qualidade, coeficiente de reflexão, relação de onda estacionária e diretividade. A seguir é realizado o dimensionamento das antenas propostas nos *softwares* TXLINE e ADK e comparadas com as dimensões fornecidas pelo MATLAB. Com estes valores é realizada uma otimização das dimensões para melhorar a perda de retorno das antenas. Os valores considerados ótimos são os que forneceram o mínimo

desvio de frequência em torno da frequência de operação, para uma perda de retorno $S_{11} < -9$ dB. Os valores otimizados da largura (W) e do comprimento (L) de cada elemento da antena são mostrados na tabela I.

TABELA I. DIMENSÕES OTIMIZADAS DAS ANTENAS PROPOSTAS

Antena	Patch		Trecho Casamento		Trecho 50 Ω	
	W_{patch}	L_{patch}	W_{cs}	L_{cs}	W_{50}	L_{50}
1 (10GHz)	7.96	6	0.74	3.87	3.28	3.97
2 (10GHz)	10.2	9.73	0.3	5.48	0.76	5.47
3 (10GHz)	10.51	9.35	0.94	5.61	2.4	5.43
4 (20GHz)	5.20	4.8	0.30	2.78	0.76	2.72
5 (20GHz)	5.35	4.4	0.94	2.64	2.42	2.68
6 (26GHz)	4.02	3.6	0.30	2.15	0.76	2.09
7 (26GHz)	4.15	3.15	0.94	2.18	2.59	2.04

As antenas foram simuladas na opção DrivenModal HFSS partindo do modelo 3D apresentado na figura 1a. Valores de W_{patch} , L_{patch} , W_{50} , L_{50} , W_{cs} e L_{cs} foram definidos segundo os valores de frequência, altura e espessura de metalização de cada antena. Esta simulação avalia também o diagrama de irradiação, o VSWR, o ângulo de abertura e a banda das antenas. [3] A tabela II mostra os resultados das simulações para as dimensões otimizadas, que demonstram a possibilidade de fabricar uma antena com 1 GHz de banda na portadora de 26 GHz com 130° de ângulo de abertura.

TABELA II. RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES NO HFSS

Antena	S11 Otimizado (dB)	Banda de Transmissão (MHz)	Impedância de Entrada da Antena (Ω)	Ângulo de Abertura (°)
1	-22.3306	200	60	80
2	-9.5800	250	95	90
3	-10.3153	800	100	80
4	-9.5696	500	100	80
5	-14.0290	450	75	95
6	-10.1566	400	100	85
7	-17.7340	1000	70	130

III. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Uma vez definidos o dielétrico e a sua espessura para cada antena simulada, a prototipadora LPKF é utilizada para a fabricação. As antenas são montadas com conectores do tipo SMA/PCB 50 Ω [5] reto. As 7 antenas fabricadas são mostradas na figura 1(b) seguindo a mesma numeração das tabelas anteriores.

Após a fabricação, uma metodologia de testes considera o uso de um gerador de sinais BN 414222. Para a medição na recepção do espectro do sinal, é utilizado o equipamento da Anritsu MS2692A, que possibilita realizar medições entre 0 Hz e 26,6 GHz. Anritsu MS2692A é o responsável pela análise do sinal recebido pela antena receptora para avaliar o nível de potência deste sinal.

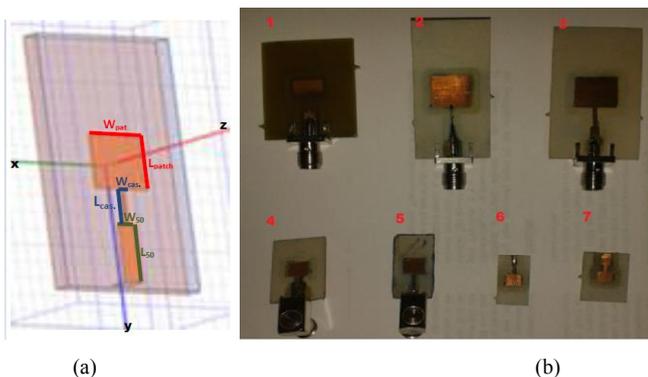


Fig. 1. (a) Modelo 3D das antenas no HFSS. (b) Antenas fabricadas

Para os testes de perda de percurso, a medição da potência é realizada no campo distante [6]. Utilizando a antena 3 como transmissora (Tx) e a 1 como receptora (Rx), são realizados testes para medir a potência do sinal recebido com as antenas operando na portadora de 10 GHz. Os valores de potência na recepção foram analisados em função da distância (d) entre as antenas Tx3 e Rx1. Os resultados obtidos são apresentados na figura 2 e indica que quando d aumenta, a potência recebida diminui e chega a um limiar de recepção de -75 dBm a 2,16 m do transmissor a partir do qual não é mais possível distinguir o sinal do ruído. No ambiente *indoor* onde se realizaram as medições, a queda de potência é esperada, mostrando o processo de perda de percurso em função da distância [6].

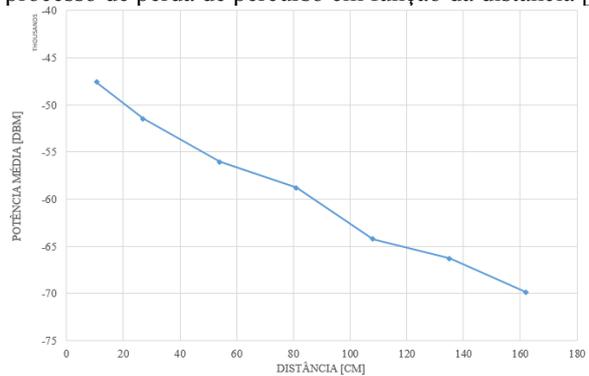


Fig. 2. Caracterização experimental de perda de percurso.

IV. Conclusões

Neste trabalho é apresentada uma metodologia para fabricação de antenas para sistemas 5G. Foram desenvolvidos 7 protótipos de antenas de microfita nas frequências de 10, 20 e 26 GHz. Os resultados obtidos na fase de simulação e nos experimentos demonstram a viabilidade do uso de tais antenas. Na simulação foi possível obter uma antena operando em 26 GHz que atinge banda de até 1 GHz. Nos testes experimentais com antenas operando em 10 GHz, a perda de percurso foi avaliada, com diminuição gradual da potência recebida desde -47 dBm até -70 dBm quando a distância entre as antenas aumenta. As antenas foram fabricadas nas 3 frequências em questão, ficando como recomendação para trabalho futuro os experimentos em 20 e 26 GHz.

Agradecimentos

Os autores agradecem à agência de fomento CNPq e à UFF pelo financiamento do projeto.

Referências

- [1] C.X.Wang *et al.*, "Cellular Architecture and Key Technologies for 5G Wireless Communication Networks," *IEEE Communications Magazine*, vol 52, n. 2, Feb 2014, pp. 122-130.
- [2] Samsung Electronics, *Samsung Announces World's First 5G mmWave Mobile Technology*. Disponível em <http://global.samsungtomorrow.com/?p=24093>. Acesso: Abril de 2015.
- [3] F. S. C. Leomil, T. R. Paiva e V. R. L. Amaral, *Simulação, fabricação e testes experimentais de antenas de Microfita Aplicadas ao Cenário das Redes de Quinta Geração (5G)*, Projeto Final, Departamento de Engenharia de Telecomunicações, UFF, Novembro de 2014.
- [4] A. Khan, R. Nema, "Analysis of Five Different Dielectric Substrates on Microstrip Patch Antennas," *International Journal of Computer Applications*, vol. 55, n. 18, Oct 2012, pp. 6-12.
- [5] Ampelhof RF, *Especificação Técnica de Conectores SMA*. Disponível em <http://www.amphenorlf.com/products/CatalogPages/SMA.pdf> Acesso em: Abril de 2015.
- [6] C. A. Balanis, *Antenna Theory, Analysis and Design*, 3rd ed., New Jersey, Wiley, 2005.