

# Estudo para aplicação na Tecnologia 5G em 3,5 GHz com arranjo de patch retangular e circular e inserção de EBG em antenas de microfita

Stefany K. S. S. Queiroz<sup>1</sup>, José Lucas da Silva Paiva<sup>1</sup>, Idalmir S. Queiroz Júnior<sup>1</sup>, Humberto Dionísio de Andrade<sup>1</sup>, Otávio Feitosa Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)

R. Francisco Mota, 572 - Pres. Costa e Silva, Mossoró - RN, 59625-900

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

**Abstract.** *This paper presents four arrays of microstrip antennas, two rectangular with and without EBG (Forbidden Electromagnetic Bands) and another two circular, also with and without EBG in their structure. They were designed to operate at 3.5 GHz, a frequency that is under study to be used in Brazil for 5G. The main objective of the work is to verify these four types of arrangements useful for the proposed application, using their operation in the frequency of 3.5 GHz. . The results show that the four arrangements have a satisfactory performance in the frequency to which they were designed, which confirms their feasibility for application in 5G technology.*

**Resumo.** *Esse artigo apresenta quatro arranjos de antenas de microfita, sendo dois retangulares com e sem EBG (Bandas Eletromagnéticas Proibidas) e outros dois circulares, também com e sem EBG em sua estrutura. Foram projetadas para operar em 3,5 GHz, frequência que está em fase de estudo para ser utilizada no Brasil para o 5G. O principal objetivo do trabalho é verificar se esses quatro tipos de arranjos servem para a aplicação proposta, mediante ao seu funcionamento na frequência de 3,5 GHz. Os resultados encontrados demonstram que os quatro arranjos tem um desempenho satisfatório na frequência ao qual foram projetados, o que confirma sua viabilidade para a aplicação na tecnologia 5G.*

## 1.Introdução

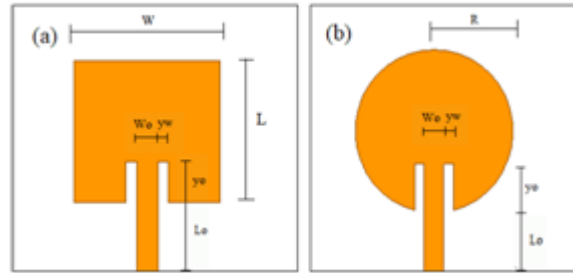
Segundo a Secretaria de Telecomunicações (2019), a tecnologia das redes 5G possui papel fundamental no processo de modificação digital da economia e da sociedade. Essa tecnologia permitirá maior velocidade, maior conectividade com menor tempo de resposta e uma maior capacidade de banda. A ampliação na quantidade de dispositivos conectados por área possibilitará uma enorme ampliação na tendência global a “internet das coisas”. A frequência escolhida neste trabalho tem como objetivo a aplicação dos arranjos para a tecnologia de rede 5G, uma vez que, para a implantação do 5G no Brasil, vem sendo estudadas as seguintes faixas de frequência: 2,3 GHz, 3,5 GHz e 26 GHz.

## 2.Projeto das Antenas

O objetivo do trabalho é de dimensionar e simular quatro arranjos de antenas de microfita na frequência de 3,5 GHz e verificar a aplicação na Tecnologia 5G. O FR4 foi escolhido como material do substrato dos quatro arranjos com uma altura  $h$  de 1,6 mm.

Inicialmente, foi dimensionada e simulada uma antena padrão retangular e outra circular, para que fosse possível avaliar o desempenho delas e assim projetar os dois arranjos

Tanto para a antena retangular como para a antena circular foi utilizado o método da Linha de Transmissão, método demonstrado em Balanis (2005). Na Figura 1 estão ilustradas as duas antenas projetadas no software HFSS, onde em (a) mostra a antena de microfita retangular e em (b) mostra a antena de microfita circular.



**Figura 1. Antena (a) Retângular (b) Circular**

Para que a antena ressoasse na frequência desejada, foi aplicado o Fator de Compressão nas dimensões da antena inicialmente projetadas. O Fator pode alterar as dimensões da antena para que ela se aproxime da frequência de projeto. Sendo a equação a razão entre a frequência onde a antena ressoou na simulação e a frequência desejada, como pode ser observado em (1) e conforme é apresentado em Oliveira (2008).

$$FC = \frac{f_{r_{simulada}}}{f_{r_{desejada}}} \times 100 \quad (1)$$

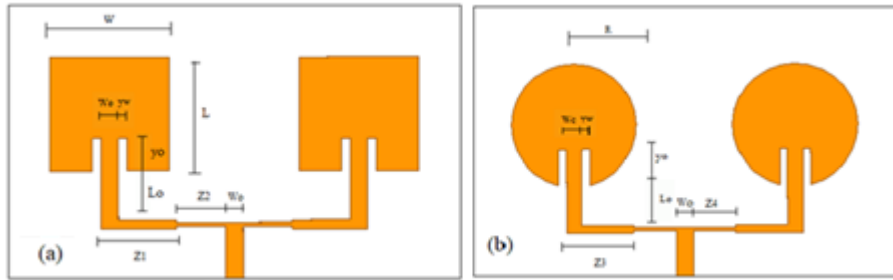
Na Tabela 1 são mostradas as dimensões utilizadas após a aplicação do Fator de Compressão.

**Tabela 1. Dimensões ajustadas das antenas**

Retângular					
Patch		Alimentador		Inset feed	
W (mm)	L (mm)	W0 (mm)	L0 (mm)	y0 (mm)	yw (mm)
21.041	19.986	3.058	10.215	5.704	1.529
Patch Circular					
Patch		Alimentador		Inset feed	
r (mm)		W0 (mm)	L0 (mm)	y0 (mm)	yw (mm)
12.4		3.058	10.215	7.408	1.529

## 2.1. Projeto dos Arranjos

Depois de projetar e simular um único *patch* retangular e outro circular, os arranjos 1x2 foram projetados e simulados com as dimensões ajustadas das antenas anteriormente simuladas, como pode ser observado na Figura 2.



**Fig.2. Arranjo (a) Retangular (b) Circular**

Os arranjos retangular e circular foram alimentados em paralelo, a união da impedância da antena com a porta de entrada, pode ser realizada com a utilização de um transformador de um quarto de onda ( $1/4$  de  $\lambda$ ) [MEDEIROS 2018]. A rede de alimentação em paralelo é realizada de acordo com (2).

$$Z = \sqrt{Z_L \times Z_0} \quad (2)$$

## 2.2. Estrutura EBG

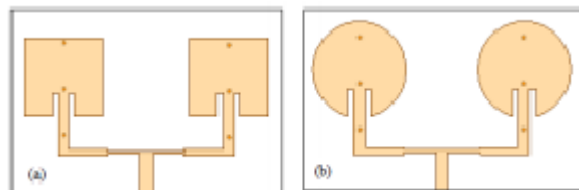
Os parâmetros que devem ser determinados na estrutura EBG são o raio dos círculos,  $r$ , e o período da rede EBG,  $a$ . Inicialmente, determina-se a frequência ( $f$ ) central da banda proibida desejada, a constante dielétrica ( $\epsilon_r$ ) do substrato é conhecida; depois calcula-se o comprimento de onda guiado ( $\lambda_g$ ), e por fim, o período de rede ( $a$ ) pode ser calculado por uma relação de no mínimo três vezes o raio do furo ( $r$ ).

$$\lambda_g = \frac{c}{f\sqrt{\epsilon_r}} \quad (3)$$

$$a \approx \frac{\lambda_g}{2} \quad (4)$$

$$a = 3r \quad (5)$$

Foi utilizada uma configuração de 3 furos com 0,55mm cada, com um período de rede de 11,8mm. Essa configuração de EBG será utilizada no arranjo circular e no arranjo retangular. Na Figura 3(a) pode ser observado o arranjo retangular com o EBG disposto no substrato e em (b) o arranjo circular com o EBG disposto.



**Figura 3. (a) Arranjo Retangular com EBG (b) Arranjo Circular com EBG**

## 2.3. Construção dos Arranjos

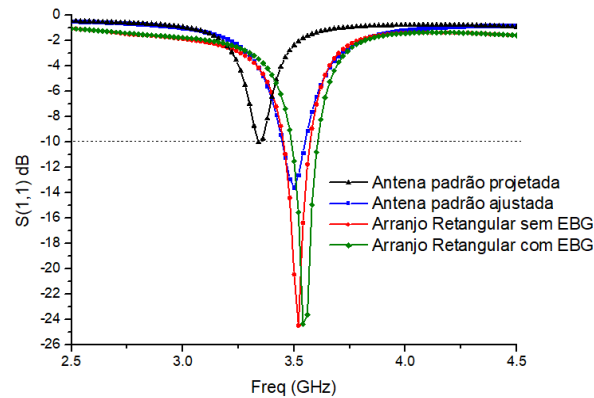
Após os arranjos serem projetados e simulados, foram confeccionados de acordo com as dimensões de projeto já mencionadas. Na Figura 4 pode ser observado os arranjos com e sem EBG que foram construídos.



**Fig.4. Arranjos (a) Retangular sem EBG, (b) Retangular com EBG, (c) Circular sem EBG e (d) Circular com EBG**

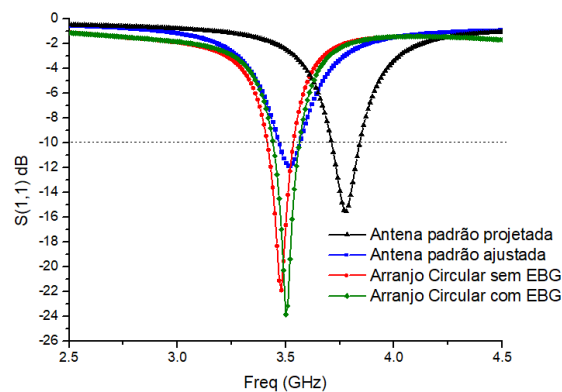
### 3. Perda de Retorno dos Resultados Simulados

Na Figura 5, são mostradas a perda de retorno, para as antenas retangulares projetada, ajustada e para os arranjos sem EBG e com EBG.



**Figura 5. Comparação dos resultados simulados entre a antena projetada retangular, antena ajustada e o arranjo com e sem EBG**

Os arranjos apresentaram um desempenho melhor que as antenas, pois alcançaram uma largura de banda maior e um maior valor de perda de retorno. Entre os dois arranjos, o arranjo com EBG obteve uma perda de retorno um pouco maior quando comparado ao arranjo sem EBG, porém, está um pouco mais distante da frequência de projeto. Na Fig.6, são mostradas as perdas de retorno para as estruturas circulares projetadas e ajustadas, como também para o arranjo com e sem EBG.



**Figura 6. Comparação entre a antena padrão circular, antena ajustada e o arranjo com e sem EBG**

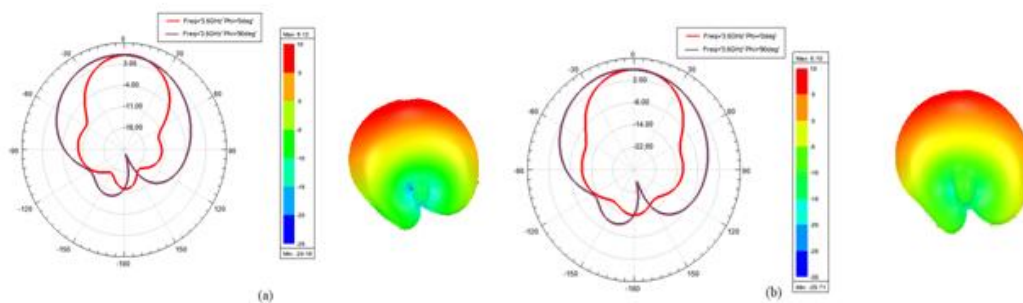
Assim como ocorreu nas estruturas retangulares, os arranjos apresentaram um desempenho melhor que as antenas, pois alcançaram uma boa largura de banda e um maior valor de perda de retorno quando comparados as antenas. Na Tabela 2 pode ser observado o detalhamento dos valores referentes as Figuras 5 e 6.

**Tabela 2. Detalhamento dos valores retirados dos gráficos de Perda de Retorno das antenas e arranjos**

Antena Retangular					
Antena Projetada			Antena Ajustada		
Fr(GHz)	RL(dB)	BW(MHz)	Fr(GHz)	RL(dB)	BW(MHz)
3.34	-10.03	30	3.5	-13.57	100
Antena Circular					
Antena Projetada			Antena Ajustada		
Fr(GHz)	RL(dB)	BW(MHz)	Fr(GHz)	RL(dB)	BW(MHz)
3.78	-15.52	130	3.52	-11.83	100
Arranjos sem EBG					
Retangular			Circular		
Fr(GHz)	RL(dB)	BW(MHz)	Fr(GHz)	RL(dB)	BW(MHz)
3.52	-24.48	120	3.48	-21.89	130
Arranjos com EBG					
Retangular			Circular		
Fr(GHz)	RL(dB)	BW(MHz)	Fr(GHz)	RL(dB)	BW(MHz)
3.54	-25.1	120	3.5	-23.85	120

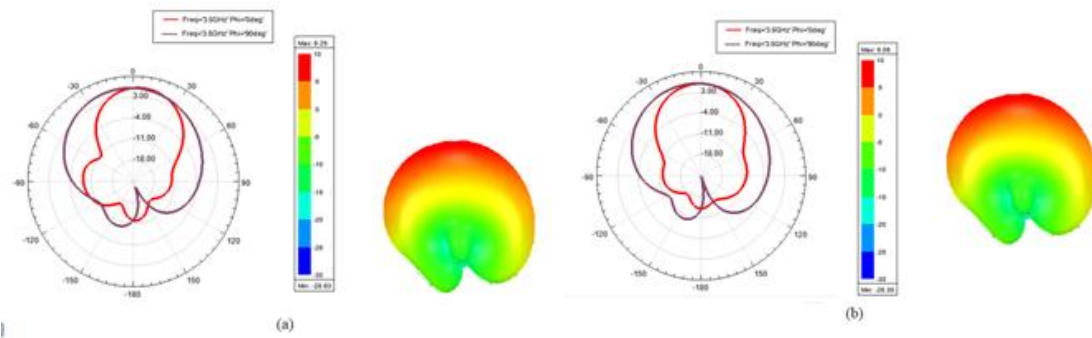
#### 4. Diagramas de Irradiação 2D e 3D – Resultados Simulados

Na Figura 7 são ilustrados os diagramas de irradiação para as configurações de arranjos sem o EBG em (a) o arranjo retangular, em (b) o arranjo circular. Já na Figura 8 os arranjos com EBG, em (a) o arranjo retangular, em (b) o arranjo circular.



**Figura 7. Comparação entre os Diagramas de Irradiação dos arranjos sem EBG**

Nos diagramas 2D observa-se que os dois arranjos obtiveram formatos semelhantes. No diagrama de radiação 3D, observa-se que os arranjos tiveram um bom ganho, em torno de 6,12 dB para o arranjo retangular e 6,10 dB para o arranjo circular, sendo o ganho máximo na direção perpendicular ao *patch* da antena.



**Figura 8. Comparação entre os Diagramas de Irradiação dos arranjos com EBG**

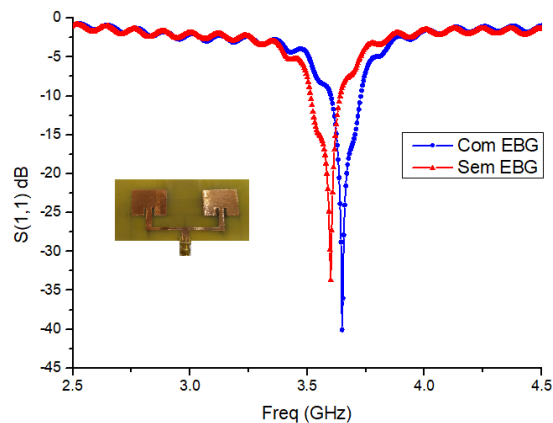
Comparando os quatro arranjos, é possível observar que tiveram comportamentos semelhantes no que diz respeito ao ganho, sendo o arranjo retangular com EBG em torno de 6,12 dB e 5,83 dB para a estrutura circular. Na Tabela 3 é detalhado os valores dos Diagramas de Irradiação 2D e 3D para as estruturas sem EBG e com EBG.

**Tabela 3. Detalhamento dos valores do diagrama de radiação**

Arranjo sem EBG		Arranjo com EBG	
Retangular - Máx. (dB)	Circular - Máx. (dB)	Retangular - Máx. (dB)	Circular - Máx. (dB)
6.12	6.10	6.25	6.08

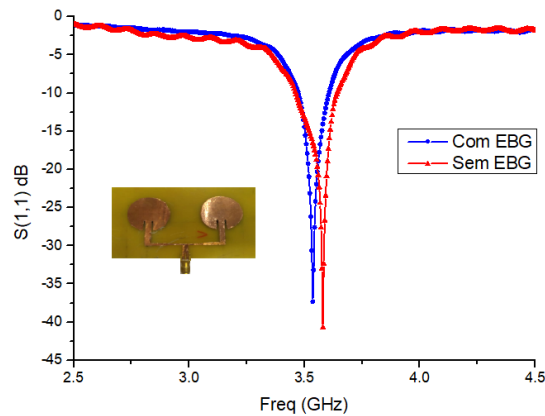
### 5. Perda de Retorno – Resultados Medidos

Na Figura 9, são mostradas a perda de retorno, para o arranjo sem EBG e com EBG para a configuração retangular.



**Figura 9. Perda de Retorno para o arranjo retangular com e sem EBG**

Os dois arranjos obtiveram resultados satisfatórios em relação a perda de retorno, porém, ambos não ressoaram na frequência de projeto, tendo ressoado em frequências maiores que 3,5 GHz. Também apresentaram largura de banda acima de 100 MHz. Na Fig.11, são mostradas a perda de retorno, para o arranjo sem EBG e com EBG para a configuração circular.



**Figura 10. Perda de Retorno para o arranjo circular com e sem EBG**

Os dois arranjos obtiveram resultados satisfatórios em relação a perda de retorno e largura de banda, nos dois arranjos a largura de banda foi maior que 100 MHz, ambos ressoaram próximo a frequência de projeto, mas a antena com EBG ressoou em uma frequência mais próxima de 3,5 GHz.

Na Tabela 4 pode ser observado os valores medidos de perda de retorno e largura de banda dos arranjos.

**Tabela 4. Detalhamento dos valores medidos retirados dos gráficos de Perda de Retorno das antenas e arranjos**

Arranjos sem EBG					
Retangular			Circular		
Fr(GHz)	RL(dB)	BW(MHz)	Fr(GHz)	RL(dB)	BW(MHz)
3.6	33.71	132	3.58	40.72	184
Arranjos com EBG					
Retangular			Circular		
Fr(GHz)	RL(dB)	BW(MHz)	Fr(GHz)	RL(dB)	BW(MHz)
3.64	40.07	128	3.53	37.32	132

## 6. Conclusão

Quatro arranjos de antena de microfita, dois arranjos retangulares com e sem EBG e outros dois circulares, também com e sem EBG foram projetados e simulados na frequência de 3,5 GHz, para futuras aplicações na Tecnologia 5G. O desempenho dos arranjos foi melhorado quando comparados as suas respectivas antenas padrão.

De forma geral, os arranjos simulados apresentaram perda de retorno satisfatória, ultrapassando -10dB, valor em que a antena é considerada em funcionamento, largura de banda acima de 100 MHz, ganho e diretividade satisfatórios. Após a construção dos arranjos, tanto com EBG como sem EBG, foi possível obter bons resultados tanto em relação a perda de retorno como largura de banda. Porém, os resultados dos arranjos construídos tiveram uma pequena discrepância quando comparado aos arranjos que foram projetados e simulados, o que já era esperado. Apesar da pequena discrepância entre os valores, o resultado entre o que foi simulado e

construído obtiveram valores próximos. Com esse estudo é possível verificar que é possível a aplicação desses arranjos para a Frequência de 3,5 GHz.

### Referências

- BALANIS, C.A. Antenna theory: analysis and design. New Jersey, USA: Jonh Wiley & Sons, 2005.
- BACCARELLI, P. et al. Dispersive analysis of wide-bandstop compact EBG microstrip lines for filter applications. ISMOT, 2007.
- IMRAN, D. et al. Millimeter wave microstrip patch antenna for 5G mobile communication. **2018 International Conference On Engineering And Emerging Technologies (iceet)**, [s.l.], v. 1, n. 1, p.1-2, fev. 2018. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/iceet1.2018.8338623>. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8338623>>. Acesso em: 28 out. 2019.
- KHAN, Omar Masood et al. Comparison of 16 GHz Microstrip Patch Antenna Array Configurations. **Proceedings Of International Bhurban Conference On Applied Sciences & Technology**. Pakistan, p. 81-89. jan. 2009.
- MEDEIROS, Isaac Marcelino de. **PROJETO DE ANTENA DE MICROFITA DUALBAND APLICADA A VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS**. 2018. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos/RN, 2018.
- MIRINGKAR, Urwashi Vithal; KERKAR, Asst.prof.palhavi. Array of circular microstrip patch antenna. **International Research Journal Of Engineering And Technology**. abr. 2019.
- OLIVEIRA, Elder Eldervitch Carneiro de. **Antenas de Microfita com patch quase-fractal para aplicações em redes WPAN/WLAN**. 2008. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Ufrn, Natal, 2008.
- SAJJAD, Hassan et al. Microstrip Patch Antenna Array at 3.8 GHz for WiMax and UAV Applications. **IEEE**, Sydney, mar. 2014.
- SECRETARIA DE TELECOMUNICAÇÕES - SETEL. (Org.). **ESTRATÉGIA BRASILEIRA DE REDES DE QUINTA GERAÇÃO (5G)**: Versão para consulta pública. Esplanada dos Ministérios: Mcit, 2019. Disponível em: <[https://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/sessaoPublica/sessao\\_publica/estrategia5g.html](https://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/sessaoPublica/sessao_publica/estrategia5g.html)>. Acesso em: 29 out. 2019.
- VARUM, Tiago; RAMOS, Amélia; MATOS, João N.. Planar microstrip series-fed array for 5G applications with beamforming capabilities. **IEEE**, out. 2018.