



**UEPB**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS VII – GOVERNADOR ANTÔNIO MARIZ  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E SOCIAIS APLICADAS  
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

**RÔMULO RODRIGUES DE MORAIS BEZERRA**

**UMA PROPOSTA DE ANTENA PATCH TRIANGULAR PARA APLICAÇÕES  
EM REDES WLAN (2,45 GHz)**

**PATOS  
2016**

**RÔMULO RODRIGUES DE MORAIS BEZERRA**

**UMA PROPOSTA DE ANTENA PATCH TRIANGULAR PARA APLICAÇÕES  
EM REDES WLAN (2,45 GHz)**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Ciência da  
Computação da Universidade  
Estadual da Paraíba, como requisito  
parcial à obtenção do título de  
bacharel em Ciência da Computação

Área de concentração:  
Telecomunicações

Orientador: Prof. Dr. Wellington  
Candeia de Araujo

**PATOS  
2016**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

B574p Bezerra, Rômulo Rodrigues de Moraes

Uma proposta de Antena Patch Triangular para aplicações em Redes WLAN (2,45 GHz) [manuscrito] / Romulo Rodrigues de Moraes Bezerra. - 2017.  
20 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Computação) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas, 2017.

"Orientação: Profa. Dr. Wellington Candeia de Araujo, CCEA".

1. Antenas de microfita. 2. Antena Patch. 3. Micro-ondas. I.  
Título.

21. ed. CDD 004

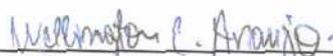
Rômulo Rodrigues de Morais Bezerra

**UMA PROPOSTA DE ANTENA PATCH TRIANGULAR PARA  
APLICAÇÕES EM REDES WLAN (2.45 GHz)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Bacharelado em Computação da  
Universidade Estadual da Paraíba, em  
cumprimento à exigência para obtenção do grau  
de Bacharel em Ciência da Computação

Aprovado em 21 de dezembro de 2016

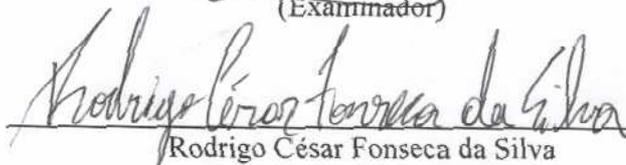
**BANCA EXAMINADORA**



Wellington Candeia de Araujo  
(Orientador)



Pedro Carlos de Assis Júnior  
(Examinador)



Rodrigo César Fonseca da Silva  
(Examinador)

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus toda honra e toda glória, agora e para sempre.

À minha namorada, Gabriely Lucena de Lima, pela paciência, suporte e incentivo sempre que precisei e total apoio em todas as decisões que tomei.

Aos meus pais e familiares que me incentivaram em busca de obter essa realização.

Aos professores pesquisadores e demais membros do grupo de pesquisas GEMCA (Grupo de Eletromagnetismo e Matemática Computacional Aplicada), pela colaboração nos trabalhos realizados durante esse processo e em especial ao professor Elder Eldervitch Carneiro de Oliveira pela oportunidade apresentada durante o período de graduação.

Ao meu professor e orientador Wellington Candeia de Araujo pelo incentivo e apoio para a concretização deste trabalho.

Aos amigos de sala pelos momentos de descontração e apoio durante essa jornada.

A todos os professores que contribuíram e me incentivaram, de forma direta ou indireta, na minha construção pessoal e profissional e para a consolidação deste trabalho.

“Só sei que nada sei”

**Sócrates**

# UMA PROPOSTA DE ANTENA PATCH TRIANGULAR PARA APLICAÇÕES EM REDES WLAN (2.45 GHz)

Rômulo Rodrigues de Moraes Bezerra<sup>1</sup>

## RESUMO

Este trabalho apresenta uma proposta de antena patch de microfita, de baixo custo, fundamentado em um triângulo equilátero tencionado para a frequência de ressonância de 2,45 GHz (pertencente à banda *ISM - Industrial Scientific and Medical*), onde temos aplicações em redes *WLAN (Wireless Local Area Network)*, como por exemplo, o conhecido Wi-Fi e Bluetooth. A antena proposta foi excitada pela técnica de linha de microfita, baseada no modelo da linha de transmissão (*TLM*), além da inserção da técnica de *inset feed* (reentrâncias) no patch irradiante, com o intuito de reduzir a impedância para o valor mais próximo de 50  $\Omega$ . Os seus diversos parâmetros eletromagnéticos (parâmetros *S*) foram analisados utilizando o simulador de onda completa *Ansoft DesignTM*, baseado no método dos momentos (*MOM*). Os resultados simulados foram obtidos para a verificação dos parâmetros necessários para funcionamento de uma antena, em seguida apresentados e discutidos.

**Palavras-Chave:** Antenas de microfita. Baixo custo. Micro-ondas.

## 1 INTRODUÇÃO

O grande avanço verificado nos sistemas de telecomunicações contrasta com as grandes dimensões dos mais diversos dispositivos utilizados nesta área. Com isso, a atual motivação dos pesquisadores da grande área do eletromagnetismo aplicado, consiste em buscar soluções que atendam aos diversos requisitos tecnológicos: custo, dimensionamento e eficiência.

As antenas são componentes decisivos nesses tipos de sistemas de comunicações. Tratam-se de estruturas metálicas que irradiam e recebem energia eletromagnética (BALANIS, 1997) e neste sentido, surge um desafio para os pesquisadores na busca por dispositivos que atendam a demanda exigida nos setores de telecomunicações, que leva em consideração o desenvolvimento de projetos com dimensões reduzidas, custo acessível e

---

<sup>1</sup> Aluno de Graduação em Ciência da Computação na Universidade Estadual da Paraíba – Campus VII.  
Email: romulorodrigue@gmail.com

modo de operação eficiente. Um modelo de antena utilizada para atender estas características, são as *antenas patch* em microfita.

As *antenas patch* em microfita estão sendo utilizadas em diversos projetos, uma vez que, estão se destacando em diversas áreas das telecomunicações. Isso se deve as suas inúmeras vantagens sobre as *antenas de micro-ondas* convencionais (GARG *et al.*, 2001; BAHL & BHARTIA, 2001; AQUINO, 2008) dentre as quais, podemos destacar o baixo custo, baixo perfil, e a facilidade de conexão a circuitos integrados de micro-ondas.

Assim, este trabalho tem como propósito a proposta de uma *antena patch* em forma de triângulo equilátero, cujo projeto foi executado para a frequência de 2,45 GHz; onde temos aplicações em sistemas de comunicação sem fio e os resultados numéricos desta antena foram obtidos através das simulações computacionais do software comercial *Ansoft DesignerTM*.

Este trabalho se encontra estruturado da seguinte forma: Na seção 2, é apresentado um estudo acerca das antenas de microfita, que serviu de base para o projeto do dispositivo proposto no desenvolvimento deste estudo. Os resultados simulados são apresentados na Seção 2 e a seção 3 contém as conclusões desse artigo.

## **2 DESENVOLVIMENTO**

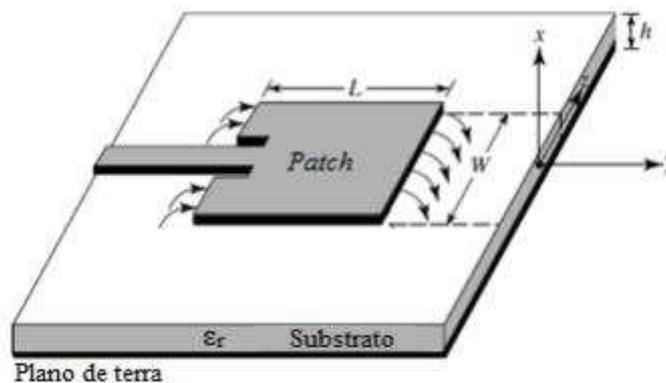
### **2.1 Antenas de Microfita**

As antenas de microfita se tornaram um grande objeto de estudo para os pesquisadores devido as suas características para diversas aplicações. O conceito de antena de microfita foi sugerido pela primeira vez por Deschamps, *et al.*, em 1953. As propriedades elétricas desse modelo de antena apresentam versatilidade na frequência de ressonância, impedância e polarização.

Antenas de microfita são basicamente compostas por um elemento condutor irradiante ou um *patch* menor que 1 (um) comprimento de onda, medido no espaço livre, impresso sobre um substrato dielétrico isolador, geralmente com dimensões entre  $0,003\lambda \leq h \leq 0,005\lambda$ . Essas duas estruturas estão posicionadas sobre um plano de terra, como mostra a Figura 1. Existem diversos materiais dielétricos que podem ser utilizados em projetos

de antenas de microfita e suas permissividades relativas estão normalmente entre  $2.2 \leq \epsilon_r \leq 12$ . Um *patch* com maior dimensão aumenta a potência irradiada e assim (problema de tabulação), induz a diminuição da resistência de ressonância, aumentando a largura de banda e, respectivamente, o aumento da eficiência da radiação.

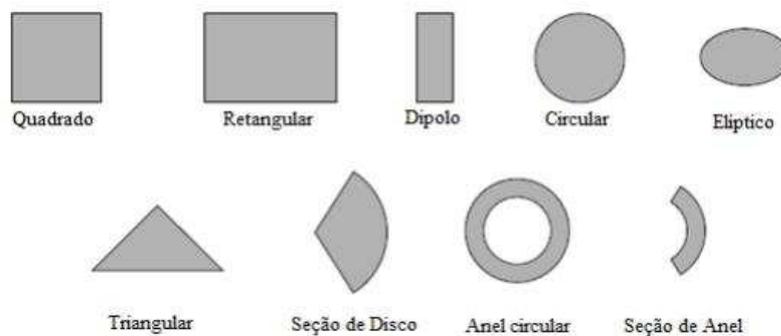
Figura 1 – Modelo de uma *antena patch* retangular de microfita



Fonte: BALANIS, 2005.

O formato do patch irradiante e, respectivamente, a escolha do material dielétrico influenciam diretamente nos resultados da antena. Existem diversas formas geométricas (Figura 2) que podem definir o *patch*. As mais convencionais são feitas de materiais como cobre ou ouro, que servem como referência para a verificação da variação dos parâmetros de uma antena.

Figura 2 – Diversas formas geométricas de patch irradiante



Fonte: BALANIS, 2005.

Algumas das principais vantagens de antenas patch de microfitas são listadas abaixo:

- Compatibilidade com circuitos integrados;
- Adaptação a vários tipos de estruturas;
- Baixo custo;
- Polarização circular.

Entretanto, as antenas patch de microfitas também possuem algumas restrições, quando comparadas com as antenas convencionais (GARG *et al.*, 2001; BAHL & BHARTIA, 2001; AQUINO, 2008), tais como:

- Largura de banda estreita;
- Baixa eficiência e ganho;
- Excitação de ondas de superfície;
- A capacidade de processamento de potência é baixa;
- Irradiação externa nas linhas e junções.

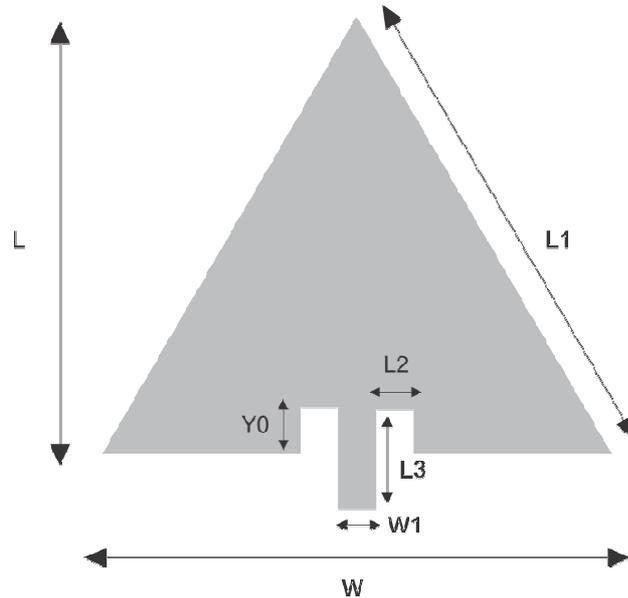
## **2.2 Estrutura da Antena Triangular proposta**

À priori, para o desenvolvimento do projeto foi selecionado um material de fácil acesso e manipulável, comercialmente vendido e capaz de suportar o projeto de antenas planares com boa eficiência e sem grandes custos no processo de fabricação. O material utilizado foi a fibra de vidro (FR4), com permissividade elétrica de 4,4 e espessura do dielétrico de 1,5 mm. Um substrato mais espesso aumenta a potência irradiada e reduz as perdas no condutor, o que melhora sensivelmente a largura de banda de impedância (BALANIS, 1997).

A geometria da antena proposta é mostrada na Figura 3, com suas dimensões em milímetros. Ela consiste de um elemento patch triangular com

os três lados iguais (caracterizando assim um triângulo equilátero) montados sobre um plano de terra totalmente preenchido de cobre.

Figura 3 – Geometria da antena proposta



Fonte: Próprio autor.

A frequência de ressonância da antena proposta deve ser selecionada adequadamente. As aplicações Wi-Fi utilizam as faixas de 2,45 GHz e de 5,0 GHz. Os parâmetros do projeto foram inicialmente baseados no modelo da linha de transmissão *TLM*, descrito em BALANIS (1997), para a frequência de operação 2,45 GHz. Com o intuito de validar as dimensões do triângulo equilátero para a faixa de frequência desejada, foram realizados diversos exames de modo empírico. Como resultado obteve-se um comprimento de 38,916 mm para cada lado do triângulo (L1).

Para identificar o parâmetro L, que equivale à altura do triângulo, e conseqüentemente o comprimento do *patch*, utilizamos a Equação 2 (Deve colocar a referência da equação 2), onde S (*tem que usar a mesma* equivale à dimensão de cada lado do triângulo. Como resultado obteve-se  $L = 33,70mm$ .

$$L = \frac{S\sqrt{3}}{2} \quad (2)$$

A alimentação da antena é realizada por uma linha de microfita com comprimento de  $L3 = 8 mm$  e largura  $W1 = 2,87mm$ , que foram obtidos de

forma empírica. O método de linha de transmissão tem como vantagem a simplicidade de produção e promove uma boa percepção física do procedimento (BALANIS, 1997). Devido ao fato do *patch* possuir dimensões finitas, o método leva em consideração os efeitos de borda e dessa forma, considera um efeito de “françamento” no comprimento e na largura do *patch*.

A técnica de inset-feed ( $Y0$ ) foi utilizada para que se pudesse obter um melhor casamento de impedância (RAMESH, 2003). Este método de inserção de fendas no *patch* tem como objetivo reduzir a impedância para o valor mais próximo de  $50 \Omega$ . A largura da reentrância  $L2$  foi considerada a largura da linha de microfita  $W1$ , enquanto o valor de seu comprimento ( $Y0$ ) foi calculado através de fórmulas aproximadas (BALANIS, 1997), segundo as equações (3) e (4):

$$Y_0(0) = \frac{L}{\pi} a \cos \left( \sqrt{\frac{50}{R_{in}}} \right) \quad (3)$$

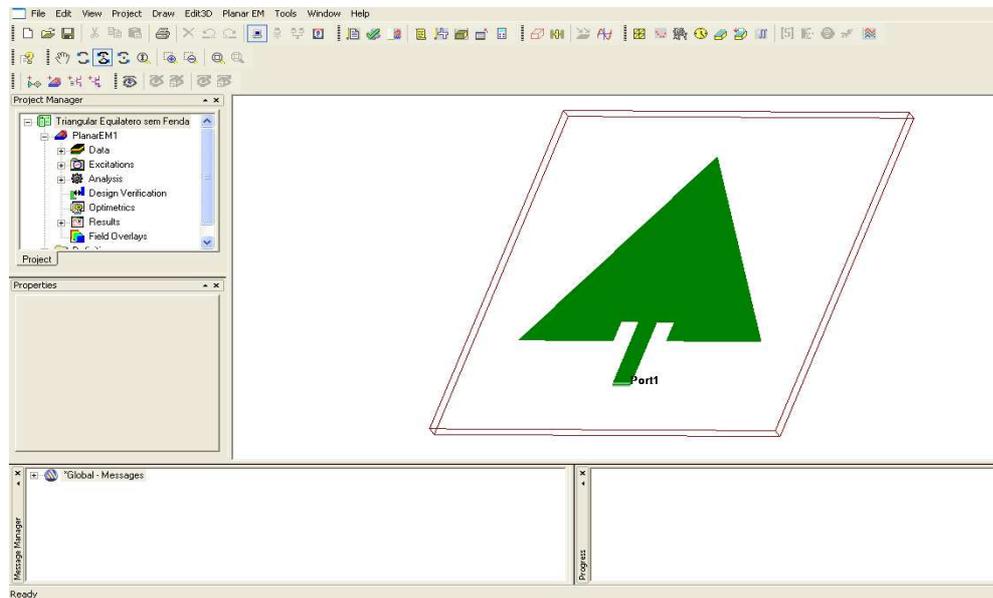
$$R_{in}(0) = \frac{1}{2(G_1 \pm G_{12})} \quad (4)$$

Em que,  $R_{in}(0)$  é a resistência de entrada na frequência de ressonância,  $G1$  é a condutância na abertura radiante,  $G12$  é a condutância entre os *slots* de radiação. Os parâmetros da antena proposta estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Dimensões da antena proposta

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
<b>h</b>	<b>1,5 mm</b>
<b><math>\epsilon_r</math></b>	<b>4,4</b>
<b>Fo</b>	<b>2,45 GHz</b>
<b>L</b>	<b>33,70 mm</b>
<b>L1</b>	<b>38,916 mm</b>
<b>L2</b>	<b>2,87 mm</b>
<b>L3</b>	<b>8 mm</b>
<b>W</b>	<b>38,916 mm</b>
<b>W1</b>	<b>2,87 mm</b>
<b>Y0</b>	<b>3,48 mm</b>

Figura 4 – Metodologia empregada utilizando o software Ansoft Designer<sup>TM</sup> para a modelagem da antena proposta.



Fonte: Próprio autor.

### 2.3 Resultados da Antena Patch proposta

Os primeiros resultados obtidos foram simulados no software comercial *Ansoft Designer<sup>TM</sup>* que implementa o método dos momentos (MOM). O Método de Momentos fornece soluções precisas e é capaz de tratar diversos tipos de problemas. Além do espalhamento eletromagnético, o Método de Momentos é utilizado na solução de outros problemas de eletromagnetismo, tais como: irradiação de antenas, descontinuidades em guias de onda, micro-ondas. Nesse sentido, esta técnica foi utilizada com objetivo da análise precisa do desempenho eletromagnético da antena projetada. Os parâmetros eletromagnéticos medidos foram: Frequência de ressonância ( $F_r$ ), perda de retorno ( $RL$ ), Largura de banda ( $BW$ ), e coeficiente de onda estacionária ( $VSWR$ ), obtidos pelo software utilizado neste trabalho.

Largura de banda ( $BW$  - *Bandwidth*), que é a relação entre a maior e a menor frequência para o mesmo valor de perda de retorno, ou seja, é o intervalo de frequência a qual a antena deve funcionar satisfatoriamente:

$$BW = Fr_{(final\ dB)} - Fr_{(inicial\ dB)} \quad (5)$$

A perda de retorno (RL - *Return Loss*) é um dos principais parâmetros em projetos de antenas, uma vez que, os parâmetros de espalhamento estão ligados diretamente com a eficiência de operação das antenas. No qual, a perda de retorno é obtida através do coeficiente de reflexão da tensão ( $S_{11}$ ).

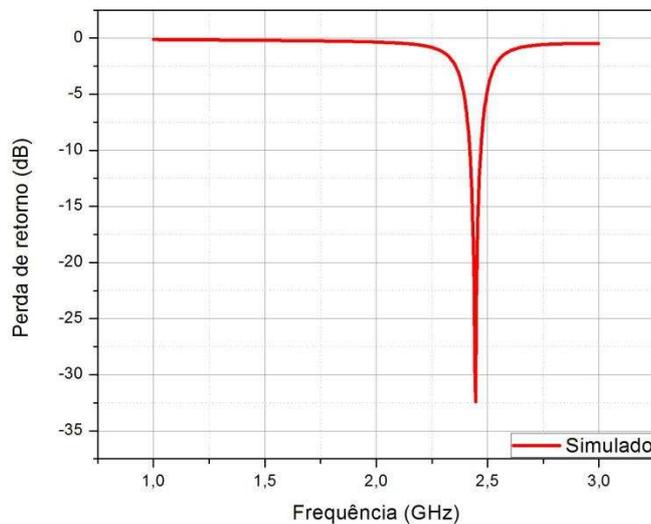
$$RL = 20\log|S_{11}| \quad (6)$$

O coeficiente de onda estacionária (VSWR - *Voltage Standing Wave Ratio*) é a relação entre a amplitude máxima e mínima da tensão ou corrente em uma linha de transmissão, produto da interação entre as ondas incidentes e refletidas.

$$VSWR = \frac{1+|\rho|}{1-|\rho|} \quad (7)$$

O primeiro resultado é mostrado na Figura 4 que mostra o resultado obtido para a perda de retorno da antena. Nota-se uma boa concordância do resultado simulado em torno da frequência do projeto que foi de 2,45 GHz (pertencente à banda ISM). A largura de banda obtida foi de 30 MHz.

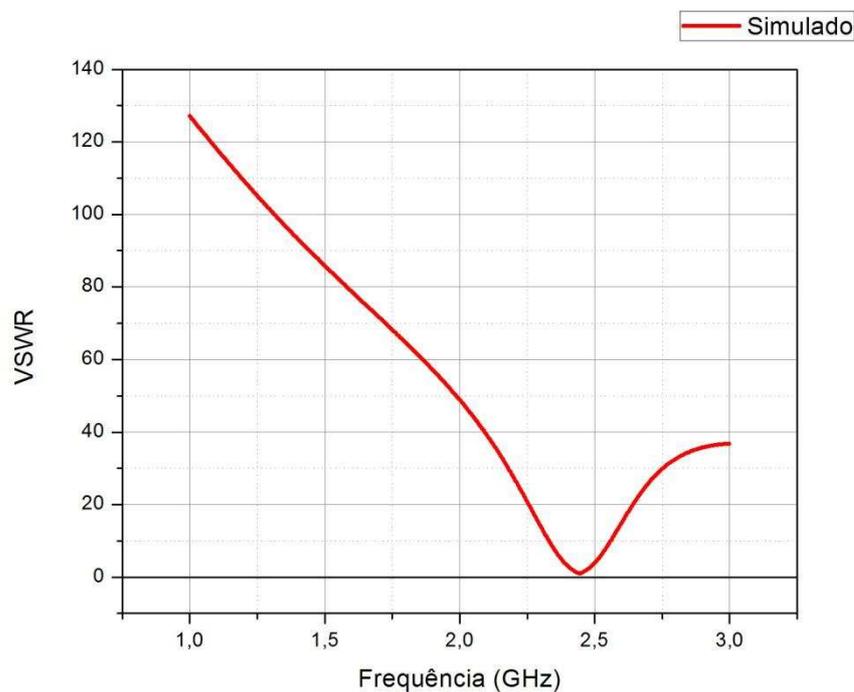
Figura 4 - Resultados de perda de retorno obtida para a antena proposta.



Fonte: Próprio Autor

A Figura 5 apresenta o resultado simulado para o coeficiente de onda estacionária (*VSWR*) para a antena proposta, em que se obteve a medida de 1,23; valor bem abaixo do mínimo necessário para um bom funcionamento da antena, que é de *VSWR* igual a 2, o que corresponde a uma perda de retorno de  $-10$  dB (*decibéis*).

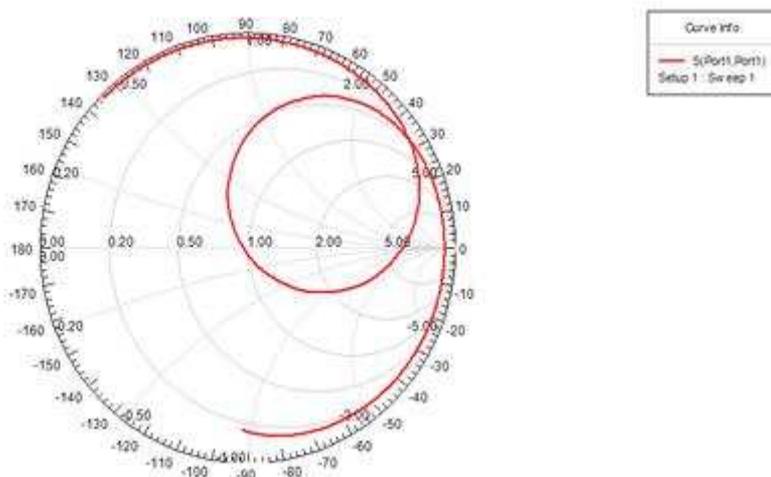
Figura 5 - Resultado simulado do coeficiente de onda estacionária (*VSWR*)



Fonte: Próprio autor

A baixa perda de retorno obtida através do resultado numérico de  $-32,43$  dB indicam que a antena apresentou um bom casamento de impedância, conforme mostra a simulação realizada na carta de Smith (ver Figura 6). A Carta de Smith permite que se encontre de forma simples, como as impedâncias são transformadas ao longo de uma linha de transmissão, e respectivamente de como relacionar a impedância com o coeficiente de reflexão, com a razão de onda estacionária ou com as posições onde ocorrem os máximos e os mínimos de onda estacionária.

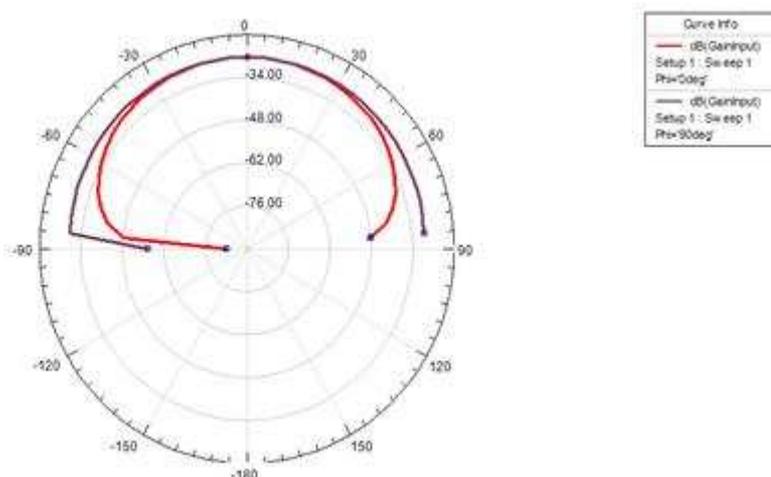
Figura 6 - Impedância de entrada medida na carta de Smith.



Fonte: Próprio autor

A Figura 7 mostra os diagramas de radiação 2D (plano-H) e 3D para a antena proposta. Se as antenas têm polarização linear, também se pode escolher o par de divisões paralelas aos campos elétrico e magnético, os denominados planos **E** e plano **H**. O diagrama obtido foi para a frequência de 2,45 GHz, onde podemos observar para o diagrama obtido uma tendência a ser direcional, a priori sem nenhuma deformação ou lóbulos laterais indesejados.

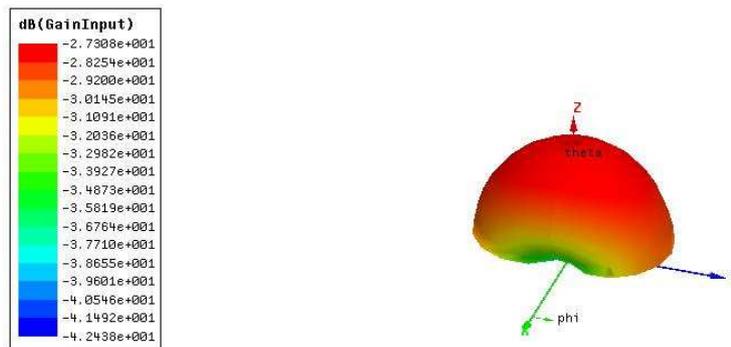
Figura 7 - Diagrama de radiação 2D (plano-H)



Fonte: Próprio autor

O ganho obtido conforme mostrado na escala da Figura 8 foi de 2,7 dB (*decibéis*), apresentando um máximo da concentração de energia na região de campo distante (Região de Fraunhofer).

Figura 8 - Digrama 3D com ganho em dB.



Fonte: Próprio autor

### 3 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi proposta uma antena *patch* com sua geometria, baseado no triângulo equilátero para a faixa de frequência das micro-ondas, mais precisamente para a frequência de comunicação sem fio em 2,45 GHz que compreende a banda industrial, scientific and medical (ISM).

A antena foi projetada utilizando um material de baixo custo, neste caso uma fibra de vidro, com permissividade elétrica de 4,4 e espessura de 1,5 mm. Pelos resultados apresentados, podemos observar uma boa concordância sobre os resultados simulados, com baixas perdas de retorno (abaixo de -10 dB), o que caracteriza um bom casamento de impedância para a estrutura analisada.

A antena também apresentou boas características de radiação, conforme observado pelos diagramas de radiação 2D e 3D, apresentando um ganho de 2,7 dB, a priori, sem nenhuma deformação na sua forma de irradiar o sinal no espaço livre. Para futuros trabalhos, pretende-se a construção do dispositivo utilizando os materiais já supracitados, e a sua medição utilizando um analisador de rede vetorial, com intuito de validar o projeto do dispositivo

proposto e sempre visando aplicações na faixa de comunicação sem fio e sem perda de desempenho.

## A TRIANGULAR PATCH ANTENNA PROPOSAL FOR WLAN (2,45 GHz) NETWORK APPLICATIONS

### **ABSTRACT**

This work presents a proposal of a low cost microstrip patch antenna, based on an equilateral triangle intended for the resonance frequency of 2.45 GHz (belonging to the band ISM - Industrial Scientific and Medical), where we have applications in wireless networks Local Area Network), for example the well-known Wi-Fi and Bluetooth. The proposed antenna was excited by the microstrip line technique based on the transmission line model (TLM), besides the insertion of the technique of inset feed in the radiant patch in order to reduce the impedance to the value closer to  $50 \Omega$ . Its various electromagnetic parameters (S parameters) were analyzed using the full-wave Ansoft Design simulator based on Moment Method (MOM). Simulated results were obtained in order to confirm the necessary parameters for an antenna operation, then presented and discussed.

**Keywords:** Microstrip antennas. Low cost. Microwave.

## REFERÊNCIAS

ANDERSON, D. L. **S-Parameter Theory and Applications**. Hewlett-Packard Journal. 1967.

Ansoft Designer (part of ANSYS Inc.) {Online}. Available: [www.ansoft.com](http://www.ansoft.com)

BALANIS, Constantine. **Antenna theory-analysis and design. 2. ed.** New York: John Wiley & Sons, 1997.

BALANIS, Constantine A. **Antenna Theory: Analysis and Design. 3 ed.** New Jersey: John Wiley & Sons. p. 1073. 2005.

Cabral-Costa, Flávia (2006), Uma Nova Proposta de Antenas *Quasi-Yagi* Banda Larga para Comunicações sem Fio, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN, Natal, RN.

CARVER, K. R., MINK, J. W. Microstrip Antenna Technology. **IEEE Transactions on Antennas and Propagation**. vol. 29, n. 1. p. 2-24. jan. 1981

COHEN, N. **Fractal antenna applications in wireless telecommunications**. Proceedings of Electronics Industries Forum of New England, 1997, 43p. MA, D. et al. Broadband CPW-fed RFID antenna at 5.8 GHz, Electronics Letters, vol. 42, 2006, 1258p.

G. A. DESCHAMPS, **Microstrip Microwave Antennas**, III USAF Symposium on Antennas, 1953.

HUANG, Yi, BOYLE, Kevin. **Antennas: From Theory to Practice**. Singapore: John Wiley & Sons. p 379. 2008.

KUMAR, G. et al. **Broadband Microstrip Antennas**, USA: Artech House, 2003.

MANDAL, et al. **A compact high gain microstrip antenna for wireless applications**. International Journal of Electronics and Communications, vol 67, 2013, 1010p.

MAITY, S. et al. **Accurate Resonant Frequency of Isosceles Right-Angled Triangular Patch Antenna**. Microwave and Optical Technology Letters, vol. 55, 2013, 1306p.

OLIVEIRA, E. E. C. et al. **Size quasi-fractal patch antenna using the Minkowski curve**. Microwave and Optical Technology Letters, 2012. 805 p.

R. GARG, P. BHARTIA, I. BAHL and A. Ittipiboon, **Microstrip Antenna Design Handbook**, Boston, USA: Artech House, Inc., 2001.

YARMAN, B. S. **Design of Ultra Wideband Antenna Matching Networks**. Istanbul: Springer. p. 308. 2008.

