ANTENA CORNETA PIRAMIDAL SINTETIZADA COM MATERIAIS DE BAIXO CUSTO

*Primeiro Autor – e-mail**
*Instituição de Ensino, Faculdade ou Departamento**
*Endereço **
*CEP – Cidade – Estado**

*Segundo Autor – e-mail**
*Instituição de Ensino, Faculdade ou Departamento**
*Endereço **
*CEP – Cidade – Estado**

Resumo: *Em sistemas de comunicação sem fio que opera na faixa de micro-ondas do espectro eletromagnético, as antenas de aberturas são vastamente utilizadas. Dentre esses dispositivos de radiação e recepção de ondas eletromagnéticas, as antenas de cornetas são as mais comuns para aplicações práticas, por apresentarem principalmente, ampla largura de banda e alto ganho. Este trabalho apresenta um projeto e montagem de uma antena corneta piramidal, confeccionada com embalagem Treta Brick (Caixa de leite) para construção do guia de onda, e papelão para a corneta. A frequência de operação determinada para a antena foi de 2,4 GHz, baseado no padrão IEEE 802.11 e ganho de 15 db.*

Palavras-chave: *Antena, corneta, guia de onda, Tetra Brick.*

1 INTRODUÇÃO

As antenas são os principais dispositivos em um sistema de comunicação sem fio. Elas transformam uma onda eletromagnética em um meio guiado, como linhas de transmissão e guia de ondas, em onda eletromagnética irradiada no espaço livre. O contrário também ocorre, a antena pode receber um sinal que se propaga no espaço livre e transformá-lo em uma onda guiada.

As antenas de abertura são utilizadas em sistemas de micro-ondas, na qual a alimentação é o guia de onda, que pode apresentar descasamento e radiar em muitas direções, apresentando alto nível de lóbulos secundários. As antenas de aberturas são inseridas na extremidade de um guia, de forma que se obtenha um casamento de impedância com o espaço livre (GOP et al.,2019).

As antenas piramidais dentre as antenas de abertura, são as mais comuns na operação de frequências de micro-ondas. Elas têm formato de pirâmide com base retangular e são divididas em duas partes, o guia de onda e a corneta (KUMAR et al.,2015), conforme a Figura 1. A antena piramidal tem preferência entre os projetistas devido a simplicidade do design, a alta diretividade, banda larga de frequência, menor perda de retorno e alto ganho. Ela possui também diversas aplicações e é referência na faixa de micro-ondas para medição do ganho de outras antenas (ABHIGNYA et al.,2015). Frequentemente é usada como alimentador para antenas refletoras e devido sua ampla largura de banda, é utilizada em redes metropolitanas

sem fio (WMAN), padrão IEEE 802.16 WiMax (PEREIRA et al.,2015). Em ensaios de CEM (Compatibilidade Eletromagnética), as antenas cornetas são tradicionalmente utilizadas por pesquisadores com interesse nas áreas de antenas e propagação de ondas eletromagnéticas (DELABALLE, 2003).

Diante do contexto supracitado, este trabalho tem por finalidade a montagem de uma antena piramidal, projetada utilizando materiais de baixo custo e recicláveis, como a embalagem Tetra Brik da Empresa Tetra Pak® e papelão. A antena foi projetada para operar na frequência de 2,4 GHz, e com um ganho de 15 db.

Figura 1 – Antena Corneta Piramidal

Fonte: Site Indiamart

2 TEORIA DA ANTENA PIRAMIDAL

As antenas de cornetas são constituídas por um guia de onda e por uma extremidade alargada para radiar a onda através do espaço livre. Os guias retangulares são amplamente aplicados na prática, além deles existem também guias de ondas circulares. De acordo com a teoria (BALANIS, 2008), existem diversos modos de propagação dentro de um guia de onda, porém o mais utilizado é o modo de propagação TE_{10} (Transversal Elétrico), onde o campo elétrico é perpendicular ao sentido de propagação da onda. Esse modo é conhecido como modo dominante devido umas das componentes do campo ser nula.

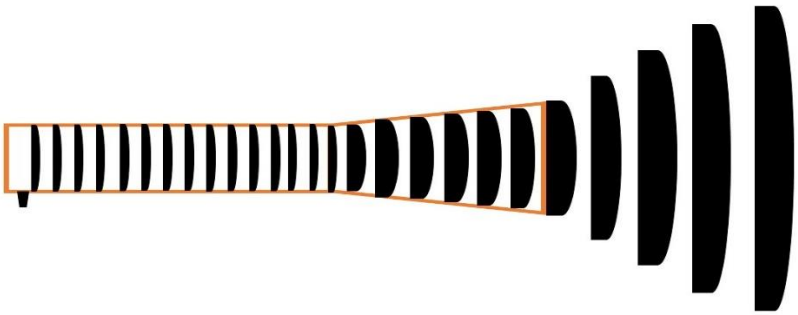
Um guia de onda é capaz de radiar ondas eletromagnéticas mesmo que de forma ineficiente. A saída abrupta do sinal através do guia para o espaço livre, encontra uma impedância característica do vácuo, $\eta = 120\pi \cong 377\Omega$. Essa transição ocasiona reflexão do sinal e consequentemente uma elevada taxa de ondas estacionárias, SWR (SWR – Standing Wave Ratio). Para amenizar esse problema, o guia de onda pode ser construído com uma corneta na extremidade de forma a suavizar a transição da onda para o espaço livre. Sendo assim, a corneta de uma antena piramidal deve ser bem projetada para que os parâmetros de ganho e diretividade sejam otimizados.

Segundo Balanis (2008), a área de abertura de um guia de onda (ab) é proporcional aos campos e ao ganho da antena, no entanto, adotar uma área grande, pode gera muitos modos de propagação. Nesta situação, a solução ideal é o acoplamento de uma corneta na saída do guia. O campo dentro de um guia de onda se desloca com linhas que formam um ângulo de 90º com o plano, ao se deparar com a fronteira da corneta, as linhas do campo se acomodam de uma forma suave, e finalmente se propagam para o espaço livre.

O ganho máximo de uma antena piramidal corneta se consolida quando o campo está em fase, ou seja, teoricamente uma onda plana. Ao se aproximar da abertura da corneta, o

fenômeno não ocorre, apresentando uma fase quadrática. É possível deduzir que teremos uma situação de onda plana ao longo da corneta, quando o seu comprimento for aumentado, o que na prática não é desejável, devido à perda de eficiência. Um projeto otimizado de antenas piramidais corneta, requer valores relacionados com as dimensões e o ganho (BALANIS, 2008). A Figura 2 apresenta o esboço de propagação de onda da antena corneta.

Figura 2 – Propagação de Onda na Antena



Fonte: Autor

2.1 Impedância e Razão de Onda Estacionária (ROE)

Dois parâmetros são importantes para a avaliar o desempenho de uma antena: Impedância e o ROE. A impedância vista no conector de uma antena varia com a frequência, logo, sua medição deve ser realizada com instrumental adequado. Na faixa de operação para a qual foi projetada, a sua impedância não deve impedir transferência de potência entre a linha e a antena de forma significativa.

A ROE mede a razão entre o módulo da onda estacionária máxima e o módulo da onda estacionária mínima na linha de transmissão. A onda estacionária é provocada pela existência da onda refletida, que combina com a onda incidente ponto a ponto ao longo da linha. O valor do ROE varia de 1 ao infinito, sendo ROE = 1 o melhor caso (sem reflexão, ou carga casada) e ROE tendendo ao ∞, o pior caso (reflexão total, ou carga totalmente descasada) (BALANIS, 2008).

Os parâmetros supracitados foram medidos e avaliados no tópico “Testes e Resultados”, por meio de gráficos.

3 PROJETO DA ANTENA

O projeto da antena foi executado de tal forma que a frequência operasse no padrão *Wi-Fi*, IEEE 802.11. Foi determinada uma frequência de operação de 2,4 GHz, e ganho estimado de 15 db (decibéis).

O cálculo do comprimento de onda é dado por:

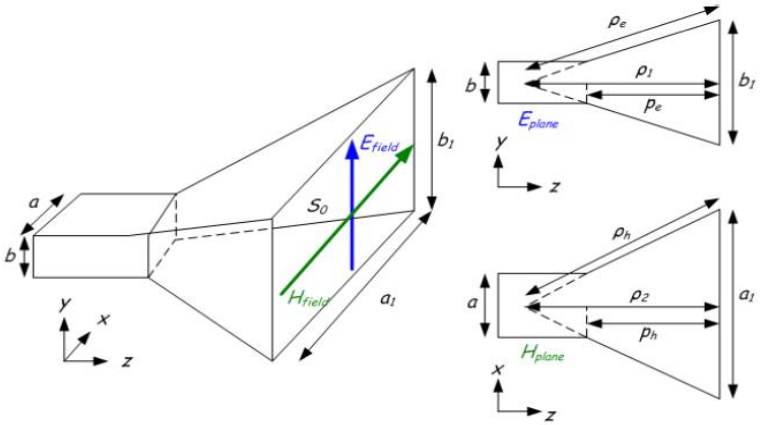
$$\lambda = \frac{c}{f} \tag{1}$$

Sendo c a velocidade da luz de aproximadamente $3{,}0x10^8$ m/s, e f a frequência de operação determinada, dessa forma:

$\lambda = 12{,}5$ cm.

A Figura 3 mostra as dimensões do guia de onda e da corneta da antena.

Figura 3 – Dimensões da Antena



Fonte: Guardiola M et. al

Foram calculadas as dimensões $a_1, b_1, \rho_e, \rho_h, p_e, p_h$ para a corneta da antena. Para simplificação dos cálculos, as seguintes aproximações foram feitas: $\rho_1 \cong \rho_e$ e $\rho_2 \cong \rho_h$, onde:

$$\rho_h = \frac{{G_o}^2}{8\pi^3}\left(\frac{1}{X}\right)\lambda \tag{2}$$

$$\rho_e = X\lambda \tag{3}$$

P_e e P_h são calculados por:

$$P_e = (b_1 - b)\left[\left(\frac{\rho e}{b_1}\right)^2 - \frac{1}{4}\right]^{\frac{1}{2}} \tag{4}$$

$$P_h = (a_1 - a)\left[\left(\frac{\rho h}{a_1}\right)^2 - \frac{1}{4}\right]^{\frac{1}{2}} \tag{5}$$

Simplificando os cálculos temos que:

$$\left(\sqrt{2X} - \frac{b}{\lambda}\right)^2 (2X - 1) = \left(\frac{G_o}{2\pi}\sqrt{\frac{3}{2\pi}}\frac{1}{\sqrt{X}} - \frac{a}{\lambda}\right)^2 \left(\frac{{G_o}^2}{6\pi^3}\frac{1}{X} - 1\right) \tag{6}$$

As dimensões a e b foram determinadas pelas dimensões da caixa Tetra Brik. Os valores foram 9 cm e 6 cm respectivamente.

Com ganho de 15 db:

$$G_o = 10^{\frac{G_{db}}{10}} \tag{7}$$

Pela Equação (7), $G_o \cong 32{,}0$.

Para o determinado ganho, o valor inicial de X é calculado por.

$$X_i = \frac{G_o}{2\pi\sqrt{2\pi}} \tag{8}$$

Pela Equação (8), $X_i \cong 2{,}0$.

Após determinado os valores de λ e X, ρ_h e ρ_e foram calculados pelas Equações (2) e (3) respectivamente, os valores de $\rho_h \cong 25{,}8$ e $\rho_e \cong 25{,}0$.

Para otimização da diretividade:

$$a_1 = \sqrt{3\lambda\rho_2} = \sqrt{3\lambda\rho_h} = \frac{G_o}{2\pi}\sqrt{\frac{3}{2\pi X}}\lambda \tag{9}$$

$$b_1 = \sqrt{2\lambda\rho_1} = \sqrt{2\lambda\rho_e} = \sqrt{2X}\,\lambda \tag{10}$$

Os valores calculados pelas Equações (9) e (10) foram respectivamente:

$a_1 \cong 31{,}0$ cm e $b_1 \cong 25{,}0$ cm.

Substituindo os valores encontrados nas Equações (2), (3), (9) e (10), foi possível determinar os valores das Equações (4) e (5), onde:

$P_e \cong 16{,}5$ cm e $P_h \cong 14{,}0$ cm.

Para que seja possível a montagem física da antena, $P_e = P_h$. O valor para essa montagem foi de 16,5 cm para P_e e P_h.

4 SÍNTESE DA ANTENA

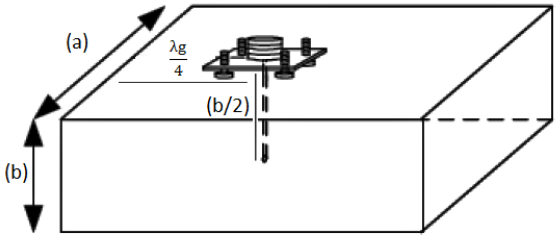
Para a montagem da antena foram utilizados materiais de baixo custo e recicláveis, citados abaixo:

- Caixa Treta Brick (Caixa de leite) para confecção do guia de onda (Revestida com papel alumínio);
- Caixa de papelão para confecção da corneta;
- Papel cartolina laminada verde para acabamento externo (Uso estético);
- Papel alumínio para revestimento da parte interior da corneta;
- Conector tipo N para conexão do guia de onda e do cabo coaxial;
- 3,0 cm de fio de cobre com secção transversal de 2,5 mm²;
- Cola de silicone liquida para colagem do guia de onda com a corneta.

A maioria das antenas cornetas são alimentadas por um cabo coaxial conectado em um conector do tipo N. A transição de um guia de onda para conector coaxial deve ser executada com fixação do conector a uma distância λ guiado/4, $\frac{\lambda g}{4}$. Assim, o conector foi colocado a uma distância de 3,125 cm do fundo da caixa, configurado como um curto. Essa distância, permite um circuito aberto no ponto de conexão, consequentemente uma transição da onda

para o guia. Foi soldado ao conector um fio de cobre de 3,0 cm com uma área de secção transversal de 2,5 mm². Esse comprimento não deve ser superior ao valor de $\frac{b}{2}$. A Figura 4 permite visualizar a conexão do conector tipo N.

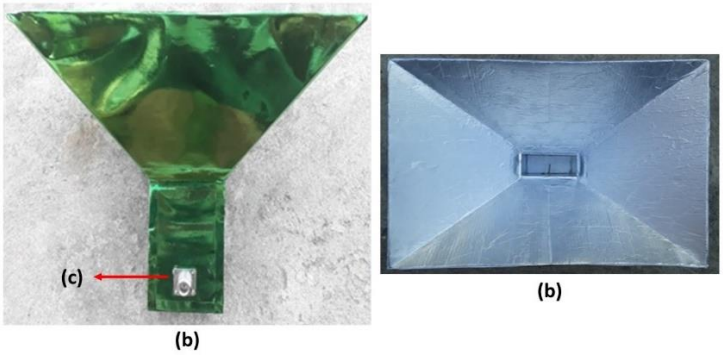
Figura 4 – Montagem do Conector Tipo N



Fonte: Adaptado de Guardiola M et. al

A Figura 5 mostra a antena montada. Em (a) a parte externa da antena, em (b) a parte interna e em (c) o conector tipo N.

Figura 5 – Antena Montada



Fonte: Autor

5 TESTES E RESULTADOS

As medições de impedância e ROE da antena, foram realizadas dentro de um laboratório acadêmico de Antenas e Micro-ondas. Os resultados dos testes realizados foram executados com o auxílio de um analisador vetorial de redes de radiofrequências da Agilent ® Technologies, na qual o display é uma carta de Smith. Para realizar medidas da antena, ela foi conectada ao analisador através de um cabo coaxial de alto empenho.

O gráfico da Figura 6 representa uma impedância da antena de 1,7 GHz a 2,7 GHz, sendo que na frequência para a qual foi projetada apresentou impedância de (55,89-j27,64) Ω.

Figura 6 – Impedância da Antena

Fonte: Analisador de Rede Agilent

A Figura 7 demonstra o valor do ROE ao longo da faixa de teste e obteve valor de 1,758 na frequência de 2,4 GHz, conforme indicado pelo marcador (Seta).

Figura 7 – ROE

Fonte: Analisador de Rede Agilent

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os valores de referência para impedância de (50+j0) ohms, e o valor de ROE=1 (BALANIS, 2008), os resultados apresentados nas Figuras 6 e 7 tiveram valores aproximados do ideal. Ainda que tenha sido produzida com materiais simples, como por exemplo, o Tetra Brik e o papelão, os resultados obtidos foram satisfatórios.

A implementação desse projeto tem o intuito de despertar interesse em estudos nas áreas de antenas e propagação de ondas, com finalidade de agregar conhecimentos em pesquisas que envolvam síntese de antenas que utilizam materiais de baixo custo, e que apresentam resultados satisfatórios para aplicações práticas.

REFERÊNCIAS

ABHIGNYA, G., YOGITA, B., ABHINAY, C., BALAJI, B., MURTHY, MBR. **Design, fabrication and testing of pyramidal horn antenna.** International Journal ofEngineering and Applied Sciences (IJEAS) ISSN: 2394-3661, Volume-2, Issue-4, 2015.

BALANIS, CONSTANTINE. **Teoria das Antenas: Análise e síntese.** 3ª Edição, São Paulo, 2008.

DELABALLE, J. **A compatibilidade eletromagnética, os cuidados com a instalação, normas e ensaios**, Revista Eletricidade Moderna, Aranda, São Paulo, pp. 136-165, 2003.

GOPE, U.C., RANA, S.B., DAS, N.K. **Fabrication and Simulation of Pyramidal Horn Antenna at 950 MHz frequency**. International Journal of Engineering and Applied Sciences (IJEAS), 2019.

INSTITUTO DE ENGENHEIROS ELETRICISTAS E ELETRÔNICOS. **IEEE 802.11**: Wireless, 2020.

KUMAR, G., CHANDRASEKHAR, S.B., RAMA R. **Study on Slotted Waveguide Pyramidal Horn Antenna with Enhanced Directivity**. International Journal of Computer Science (IPASJ). Volume 3, Issue 3, 2015.

PEREIRA, L., TERADA, M. **New method for optimum design of pyramidal horn antennas**. Journal of Microwaves, Optoelectronics and Electromagnetic Applications. 10. 266-277. 10.1590/S2179-10742011000100025, 2015.

PYRAMIDAL HORN ANTENNA SYNTHESIZED WITH LOW-COST MATERIALS

Abstract: *In wireless communication systems that operate in the microwave range of the electromagnetic spectrum, aperture antennas are widely used. Among these devices for radiation and reception of electromagnetic waves, the antennas of horn are the most common for practical applications, as they present mainly wide bandwidth and high gain. This paper presents a design of a pyramidal horn antenna, made with Treta Brick packaging (milk box) for construction of the waveguide, and cardboard for the horn. The operating frequency determined for the antenna was 2.4 GHz, based on the IEEE 802.11 standard and gain of 15 db.*

Keyword: *Antenna, horn, waveguide, Tetra Brick.*