

Projeto e síntese de antena planar compacta para aplicação em drones

Design and synthesis of compact planar antenna for application in drones

DOI:10.34117/bjdv7n4-085

Recebimento dos originais: 07/03/2021

Aceitação para publicação: 05/04/2021

Junior Batista Cavalcante

Discente em Engenharia de Telecomunicações, Faculdade Estácio de Belém

Instituição: Faculdade Estácio de Belém

Endereço: Av. Gov. José Malcher 1148, Nazaré – Belém, Pará, CEP: 66055-260

E-mail: eng.jrcavalcante@gmail.com

Daiana Silva De Araújo Cavalcante

Discente em Engenharia de Telecomunicações, Faculdade Estácio de Belém

Instituição: Faculdade Estácio de Belém

Endereço: Av. Gov. José Malcher 1148, Nazaré – Belém, Pará, CEP: 66055-260

E-mail: eng.daianacavalcante@gmail.com

Valdenir Menezes Ramos

Discente em Engenharia de Telecomunicações, Faculdade Estácio de Belém

Instituição: Faculdade Estácio de Belém

Endereço: Av. Gov. José Malcher 1148, Nazaré – Belém, Pará, CEP: 66055-260

E-mail: valdenirmenezes@hotmail.com

Rafael Fonteneles Dantas

Discente em Engenharia de Telecomunicações, Faculdade Estácio de Belém

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Rodovia Augusto Corrêa, 01 – Guamá, Belém, Pará, CEP: 66075-110

E-mail: dantas.rafael@hotmail.com

Nilson Roberto Sousa de Figueiredo

Discente em Engenharia de Elétrica, pela Universidade Federal do Pará

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Rodovia Augusto Corrêa, 01 – Guamá, Belém, Pará, CEP: 66075-110

E-mail: nilson@ne.cnt.br

Fábio Ferreira Ribeiro

Mestre em Engenharia Elétrica, pela Universidade Federal do Pará

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Rodovia Augusto Corrêa, 01 – Guamá, Belém, Pará, CEP: 66075-110

E-mail: fabioribeiro6zipmail@gmail.com

Hélio Renato Oeiras Ferreira

Doutor em Engenharia Elétrica, pela Universidade Federal do Pará

Instituição: Faculdade Estácio de Belém

Endereço: Av. Gov. José Malcher 1148, Nazaré – Belém, Pará, CEP: 66055-260

E-mail: helio.oeiras@estacio.br

RESUMO

Este trabalho apresenta o projeto de uma antena planar para aplicação em sistema de comunicação de drones, na frequência de 2,4 GHz. Para análise e otimização dos parâmetros estruturais da antena, foi usado um simulador de onda completa baseado na técnica de integração finita - FIT. Após obtidas as configurações da antena, um protótipo foi construído usando uma placa FR-4 para medição e comparação entre os resultados simulados e medidos, que apresentou boa concordância entre eles. Ao final, a antena foi acoplada em um drone para teste de funcionalidade demonstrando ótimo desempenho e aplicabilidade.

Palavras-chave: Drone, Técnica FIT, 2.4 GHz.

ABSTRACT

This work presents the design of a planar antenna for application in a drone communication system, at a frequency of 2.4 GHz. For analysis and optimization of the structural parameters of the antenna, a full wave simulator was used based on the finite integration technique - FIT. After obtaining the antenna configurations, a prototype was built using a FR-4 plate for measurement and comparison between the simulated and measured results, which showed good agreement between them. At the end, the antenna was coupled to a drone for functionality testing, showing great performance and applicability.

Keywords: Drone. FIT Technique, 2.4 GHz.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, é notável a crescente demanda por dispositivos portáteis e móveis que apresentam um grande número de transceptores de rádio, para que se possa ter acesso a diversos tipos de sistemas de comunicações sem fio como o VANT's (Veículo aéreo não tripulado), também conhecido, popularmente como "drones". Este equipamento, que hoje é utilizado de maneira cotidiana, foi desenvolvido e utilizado para fins militares, assim como, a rede de telefonia celular, dentre outros. Porém, ao longo do tempo alcançou funções que pareciam inimagináveis, como geomapeamento, transporte de cargas, avaliação de danos, e até mesmo funções voltadas para a segurança. Esta rápida evolução das tecnologias wireless faz com que a procura por diversos padrões que operam em frequências diferentes aumente cada vez mais. E desenvolver irradiadores que operem bem na integração dessas características é um desafio aos pesquisadores de engenharia de antenas (HORUS, 2019).

Devido a este cenário, a tecnologia de antenas planar atrai grande interesse no desenvolvimento de estruturas compactas e com bom desempenho, pois muitos tipos de antenas se adaptam a superfícies curvas ou planas, facilitando a sua utilização. Sendo que

um desafio para os projetistas de antenas é aumentar a largura de banda de impedância sem comprometer suas propriedades de irradiação.

Diversos trabalhos científicos foram publicados sobre o tema, relativos às estruturas de antenas planares, apontando principalmente para o desenvolvimento de novas técnicas de análise, buscando maior eficiência de transmissão e recepção de um sinal. (PIPER & BIALKOWSKY, 2004; KRAUS, 2002, MILLIGAN, 2005). Entre os trabalhos mais relevantes para este estudo pode ser citada uma proposta de antena com características multibanda baseada em geometria semi-espiral e linha de alimentação coplanar para aplicações em comunicações sem fio que obteve quatro bandas de operação, sendo elas centradas em 1,36, 1,71, 2,47 e 3,65 GHz (DUARTE JÚNIOR & SILVA NETO, 2020). Também importante citar um projeto de antena monopolo impresso fractal híbrida de banda larga para múltiplas aplicações onde foi projetada uma antena com a geometria fractais de Hilbert a partir de um patch quadrado em forma de cruz, a largura de banda da antena foi de 1,7 – 4,18 GHz, com 102,0% de largura de banda fracionária e 94,7% de eficiência de radiação, assim, o ganho total observado da nova antena foi de 5,1 dB (MALLICK et al., 2017).

No caso do estudo em questão, propõe-se a implementação de um modelo de antena planar baseada na geometria quadrada com a utilização de uma linha de alimentação de microfita, com múltiplas bandas de operação dentre as faixas de frequência 1.4 GHz a 2.8 GHz com objetivo de ampliar a largura de banda com frequência central de 2.4 GHz, bem como analisar as características físicas da geometria da linha de alimentação e do elemento quadrado desenvolvido a partir de simulações de onda completa. O protótipo resultante desta análise é construído e medido, o qual apresenta boa concordância entre os resultados.

2 METODOLOGIA

Como ponto de partida, foram feitos estudos sobre as geometrias retangulares de antenas e suas propriedades, bem como uma revisão da literatura sobre a aplicação de antenas em drones e suas contribuições.

As antenas foram modeladas no software computacional CST STUDIO SUITE 2020, e após os dados resultantes das simulações, observou-se que esse tipo de aplicação é uma boa ferramenta para a otimização de antenas.

O passo seguinte foi a confecção do protótipo da antena através do método de corrosão artesanal. Com a antena resultante em mãos, foi possível uma comparação dos

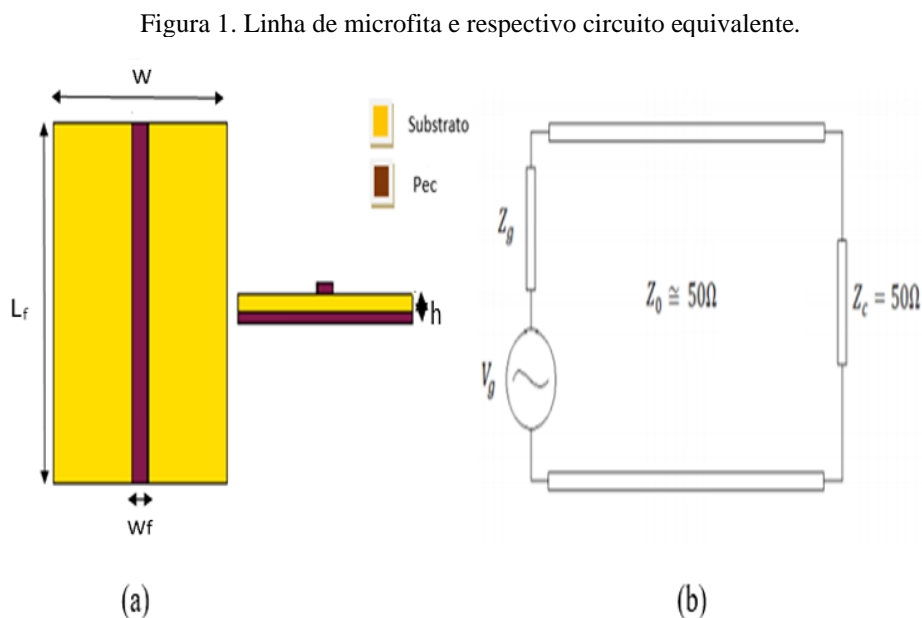
dados simulados juntamente com os dados medidos e, assim, verificou-se a concordância entre estes dados.

Por fim, foram feitos testes para visualização da leitura dos parâmetros funcionais da antena no drone e manobras para verificar o alcance da antena tanto na polarização vertical quanto na horizontal num plano de 360 graus, resultando um drone com boa performance no seu plano de voo.

2.1 PROJETO DA LINHA DE MICROFITA

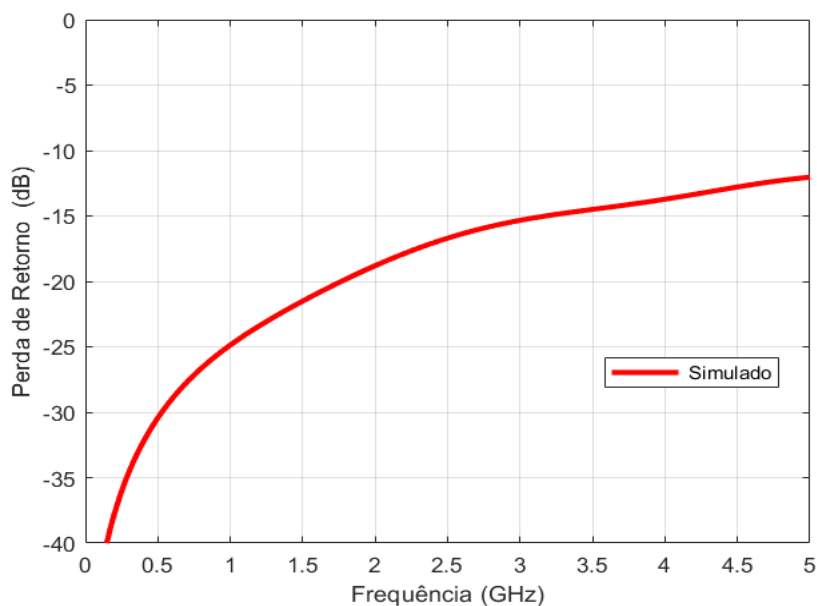
Uma linha de microfita consiste de uma fita metálica condutora geralmente de (PEC) separada por um plano de terra por uma altura h composto por um material dielétrico (Figura 1a). Inicialmente, foi realizado o cálculo da impedância característica da linha de alimentação e o cálculo da geometria da antena e as equações para calcular a largura de W da linha de microfita de acordo com (BAHL & BHARTIA, 1980; CARVER & MINK, 1981; BALANIS, 1989).

A Figura 2 apresenta a perda de retorno para linha de microfita acoplada a uma carga resistiva de 50Ω . Sendo que o nível de perda de retorno para faixa de 0 a 5 GHz está abaixo de -10 dB, validando o uso da linha de microfita.



Fonte: adaptado de Balanis (2016).

Figura 2. Gráfico de perda de retorno para linha de microfita com carga resistiva.



Fonte: Adaptado de CST Studio (2021).

2.2 CÁLCULO DO *PATCH* RETANGULAR

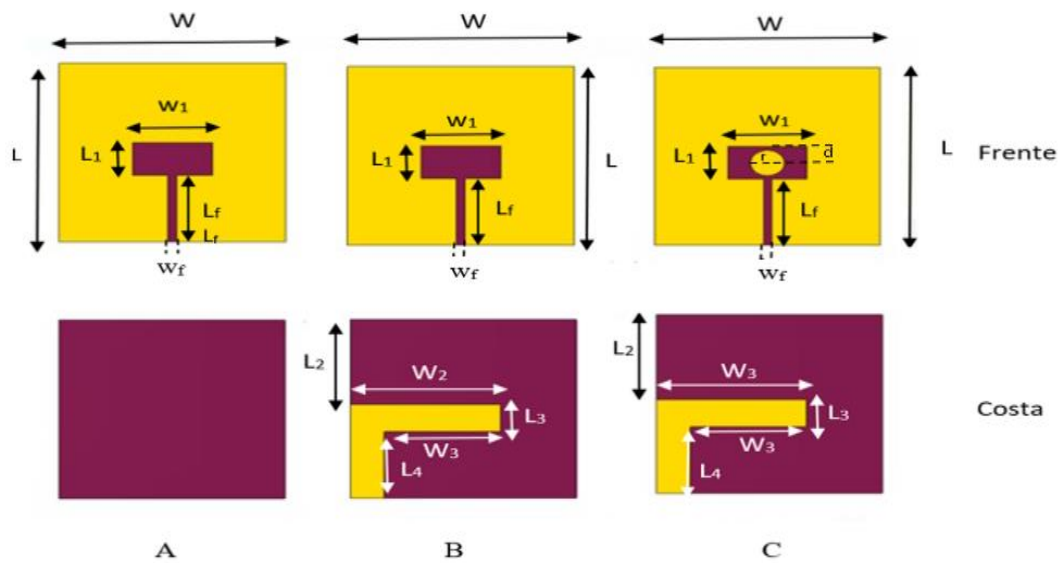
O cálculo das dimensões da antena de microfita retangular é feito a partir de uma série de parâmetros iniciais, como: frequência de operação (f_c), constante dielétrica relativa do substrato (ϵ_r), altura do substrato (h) e velocidade da luz no vácuo (c). Inicialmente, calcula-se a largura, W , e o comprimento efetivo, L_{eff} , do *patch* retangular através das equações desenvolvidas por (BALANIS, 1989).

2.3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO DAS ANTENAS

A antena foi desenvolvida a partir de um *patch* retangular com entalhe circular interno, sendo que a abertura circular introduz uma ressonância adicional na banda da antena e oferece uma largura de banda mais ampla e com mais flexibilidade do projeto. As características de irradiação desta antena foram investigadas com simulações eletromagnética.

Para tanto, foram modeladas três antenas da seguinte forma: A primeira foi representada por uma antena convencional retangular (**Erro! Fonte de referência não encontrada.a**), na segunda foi realizado um entalhe em forma de L no plano terra (**Erro! Fonte de referência não encontrada.b**) e a terceira foi caracterizada pelo entalhe circular no *patch* e um entalhe no plano terra (**Erro! Fonte de referência não encontrada.c**). Essas modificações a partir da antena referência têm a finalidade de ampliar a largura de banda e melhorar o perfil da impedância de entrada da antena.

Figura 3. Processo de Simulação das antenas com a linha de microfita.



Fonte: Autores (2021).

3 RESULTADOS

Para análise das antenas são apresentados resultados de impedância de entrada, distribuição de corrente, perda de retorno, largura de banda, diagrama de radiação e ganho. Estes resultados foram obtidos para uma faixa de frequência de 1 a 3 GHz e uma fonte de excitação com uma impedância de 50Ω . Os resultados obtidos das três antenas otimizadas são fornecidos no Quadro 1.

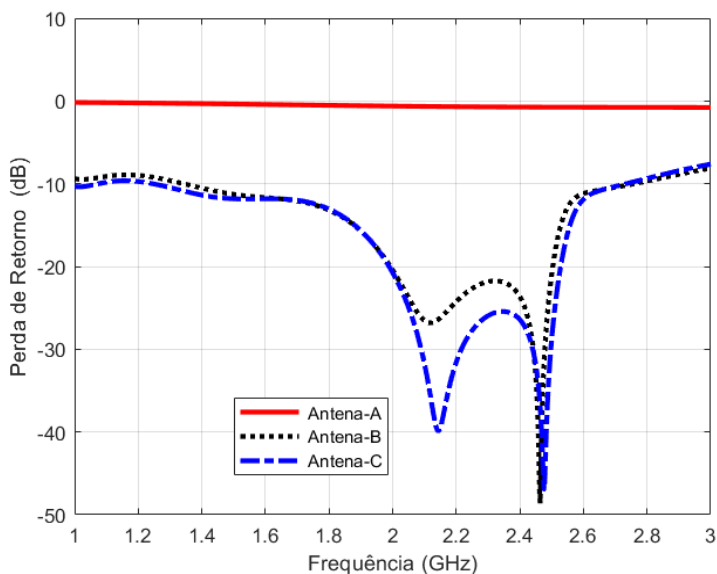
Quadro 1 - Parâmetros das antenas proposta

Parâmetros da Antena	Valores (mm)	Parâmetros da Antena	Valores (mm)
W	79	L_f	31,325
L	84	L_1	15,43
h	1,6	L_2	40,12
W_1	27,87	L_3	12,86
W_2	52,49	L_4	31,32
W_3	40,57	d	0,1
W_f	2,87	r	4,5

Fonte: CST Studio. Adaptado pelos autores (2021).

Primeiramente, foi obtido o resultado da perda de retorno em três situações (Figura 4).

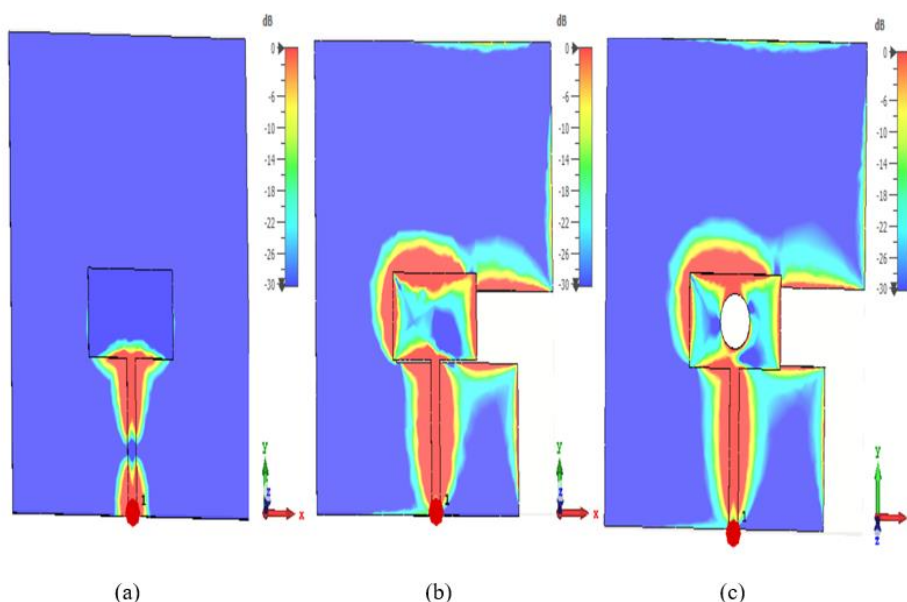
Figura 4. Gráfico de perda de retorno das antenas A, B e C.



Fonte: Adaptado de CST Studio (2021).

Com o intuito de caracterizar melhor o comportamento das estruturas após a análise da perda de retorno, foram apresentadas as distribuições de corrente, inicialmente para as antenas A, B e C na frequência de 2,45 GHz, a fim de verificar a sua influência no casamento de impedâncias com a linha de transmissão (Figura 5).

Figura 5. Distribuição de corrente da antena A, B e C.



Fonte: Adaptado de CST Studio (2021).

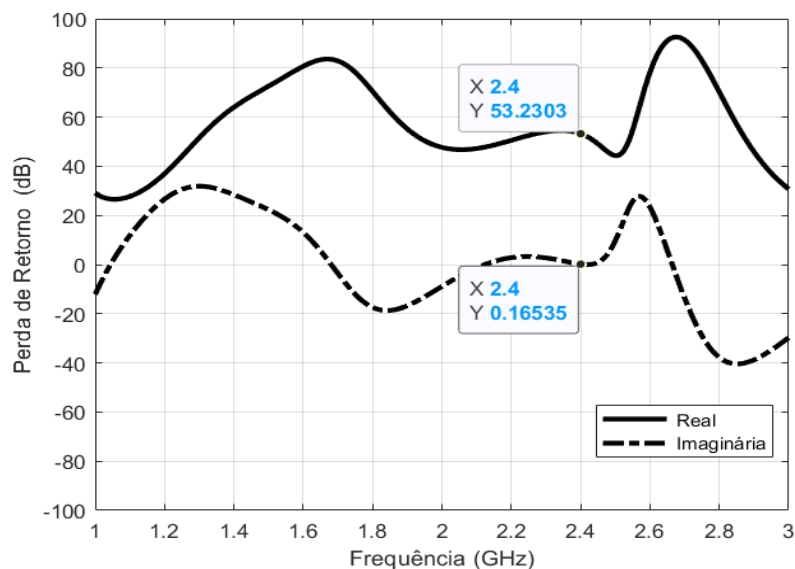
Como observado, percebe-se uma maior concentração de corrente elétrica na linha de microfita na antena A (Figura 5a). Esse fator gera maior reatância na entrada da antena,

dificultando o casamento com a linha de transmissão, sendo que o limite aceitável de – 10dB na perda de retorno não foi alcançado nesta antena.

Após realizar o entalhe em forma de “L” no plano de terra da antena, percebe-se uma maior concentração de corrente elétrica nas bordas laterais do irradiador e na linha de microfita (Figura 5b). Esse inconveniente também ocasiona lobos secundários do diagrama de irradiação com maiores amplitudes, pois essa concentração de corrente nas bordas tem parte de sua energia irradiando pelas laterais da antena.

Na antena C percebe-se que a influência do entalhe circular proporcionou uma melhor distribuição de corrente quando comparada com a antena A e a antena B, pois surgiram frequências de ressonância no centro do irradiador. Isso melhorou o casamento de impedância com a linha de microfita (Figura 6).

Figura 6. Impedância de entrada (Z_{in}) da antena C



Fonte: Adaptado de CST Studio (2021).

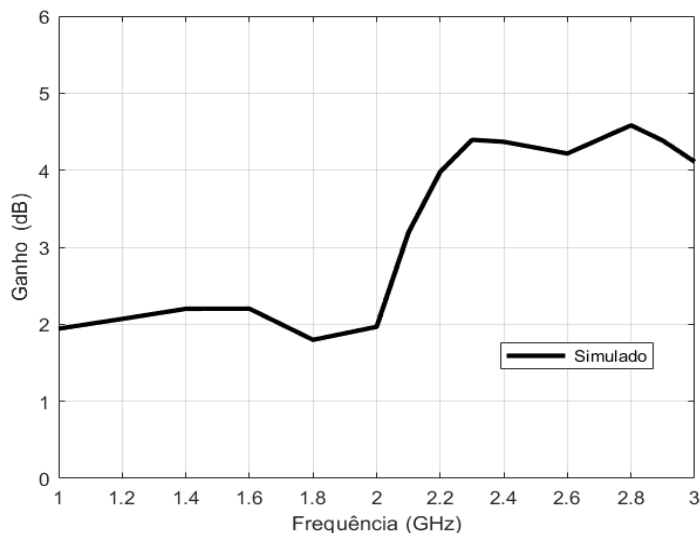
Dessa forma, a perda de retorno $[-20\log(\Gamma)]$ do coeficiente de reflexão da antena C dada na Figura 4, onde Z_{in} é a impedância de entrada das antenas e Z_0 é a impedância característica de uma dada linha de transmissão.

$$\Gamma = |(Z_{in} - Z_0)| / |(Z_{in} + Z_0)|$$

Sendo assim, a perda de retorno da antena C demonstra que a curva permanece abaixo de -10 na frequência de 1,2 GHz a 2,8 GHz com uma largura de banda de 1,6 GHz,

que equivale a uma largura de banda fracionária de 66.6%. Isso significa que há maior taxa de transferência de energia nessa frequência. O ganho da antena C obteve um pico de 4.6 dB (Figura 7).

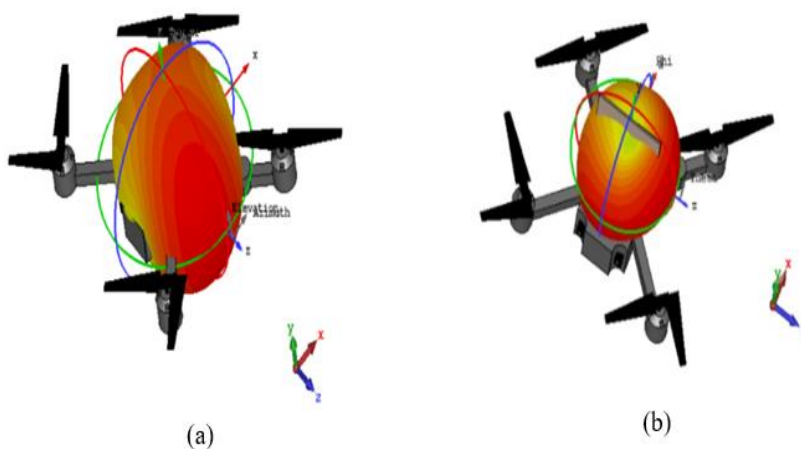
Figura 7. Ganho da antena C.



Fonte: Adaptado de CST Studio (2021).

Foi plotado o diagrama de irradiação tridimensional no drone na frequência de 2.45 GHz a fim de verifica a melhor posição da antena no drone, em que se percebeu que a melhor posição é mostrada a Figura 8a, pois verificou-se que nesta posição a antena irradia em 360°.

Figura 8. Diagrama de radiação 3D da antena proposta



Fonte: Adaptado de CST Studio (2021).

A antena foi construída e medida conforme o *setup* de medição da antena (Figura 9), onde se observa que o Site Master pode operar na faixa de frequência que vai de 25 MHz a 4 GHz. Junto do equipamento, demonstra-se um conector conversor tipo N macho para tipo SMA macho e um cabo coaxial de 1 metro, todos possuindo impedância característica de 50 Ω .

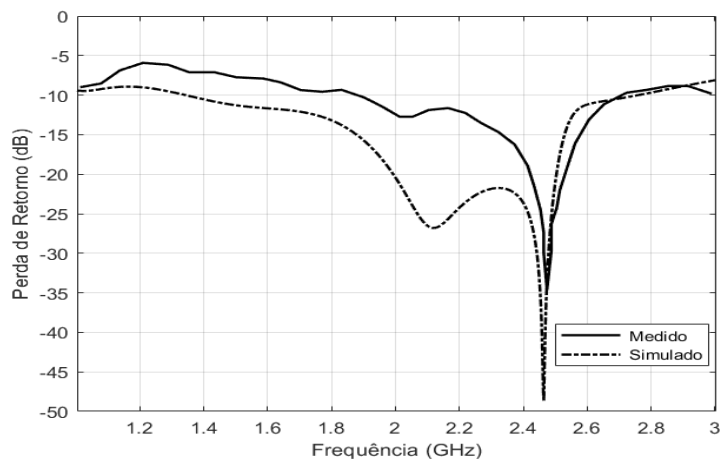
Figura 9. *Setup* de medição da antena



Fonte: Autores (2021).

Por meio da comparação dos dados medidos com os simulados, observa-se as tendências na curva de perda de retorno na faixa de frequência 1 a 3 GHz, sendo compatíveis em sua maior parte. Porém não o suficiente para prejudicar a aplicação na faixa de frequência pretendida, já que no restante do espectro o modelo da antena se adequa com qualidade (Figura 10).

Figura 10. Comparação do resultado simulado e medido



Fonte: Adaptado de CST Studio (2021).

O drone testado apresentou boa performance no seu plano de voo, conforme testes realizados para visualização da leitura dos parâmetros funcionais da antena no drone e das manobras para verificar o alcance da antena tanto na polarização vertical quanto na horizontal num plano de 360 graus (Figura 11).

Figura 11 - Imagem do drone acoplado com a antena proposta



Fonte: Autores (2021).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo trata de o desenvolvimento de uma antena planar para aplicação em drones na faixa de frequência de 2,4 GHz, onde foram obtidos resultados melhores no que concerne à curva de variação do coeficiente de reflexão com a frequência. As alterações realizadas na antena tiveram por objetivo melhorar o casamento de impedância com a linha de transmissão. Estes procedimentos alteraram as distribuições de cargas e correntes em determinados pontos da antena com a consequente redução nas reatâncias parasitas que contribuem para o descasamento em relação ao sistema de alimentação.

Dessa forma, esse projeto contribui juntamente com a teoria de antenas para a pesquisa acadêmica sendo uma ferramenta eficiente para aplicação em agricultura de precisão, controle de pragas, controle de doenças endêmicas, incêndios florestais, incêndios em área urbana, entre outras aplicações.

Com essas conclusões, para trabalhos futuros, é importante realizar medições de diagramas de radiação em diversas frequências e comparar com os simulados, visando atender a aplicações diferenciadas, como antenas de outros modelos além das impressas, arranjos, superfícies seletivas de frequência (FSS) e diversas mais para aplicações em drones.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi parcialmente financiado pela empresa Espectro Engenharia de Telecomunicações do Brasil.

DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo das informações contidas neste artigo.

REFERÊNCIAS

- BAHL, I. J.; BHARTIA P. **Microstrip Antennas**. Artech House, Dedhan - MA, 1980.
- BALANIS, C. A. **Antenna theory: analysis and design**. John wiley & sons, 2016.
- CARVER, K. R.; MINK, J. W. Microstrip Antennas Technology. **IEEE Transactions on Antennas and Propagation**, v. 29, n. 1, 1981, pp. 2-24. doi: 10.1109 / TAP.1981.1142523.
- CST – Computer Simulation Technology AG. Disponível em: <http://www.cst.com>. Acesso em: 17 mar. 2021.
- DUARTE JÚNIOR, J. G.; SILVA NETO, V. P. **Antena multibanda Semi-Espiral CPW para aplicações no 5G sub-6 GHz**. In.: Simpósio brasileiro de telecomunicações e processamento de sinais, Florianópolis-SC, 2020.
- HORUS AERONAVES. Agricultura de precisão com drones (2019). Disponível em: <https://horusaeronaves.com/ebook/ebook-drones-na-agricultura-precisao-horus.pdf>. Acesso em: 17 de mar. 2021. E-book.
- KRAUS, J. **Antennas for all applications**. New York: McGraw-Hill, 2002.
- MALLICK, M.; MOHANTY, S.; SHEEJA, K. L. **A hybrid fractal antenna for wideband applications**. In.: International Conference on Wireless Communications, Signal Processing and Networking (WiSPNET), Chennai, 2017, pp. 344-347. doi: 10.1109/WiSPNET.2017.8299775.
- MILLIGAN, T. **Modern antenna design**. New Jersey (USA), Second edition, John Wiley & Sons, 2005.
- PIPER, B. R.; BIALKOWSKI, M. E. Electromagnetic modeling of conformal wideband and multi-band patch antennas by bridging a solid-object modeler with MoM software. **IEEE Antennas and Propagation Magazine**, v. 46, n 5. p. 42-52, 2004.
- SUN, W.; CHOI, M.; CHOI, S. IEEE 802.11ah: A Long Range 802.11 WLAN at Sub 1 GHz. **Journal of ICT Standardization**, v. 1, pp. 83-108, 2018.