



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ  
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA

JOANES MARTINS GALVÃO

**ANTENA *PATCH* PARA COMUNICAÇÃO *WIRELESS* BIOINSPIRADA  
NA FLOR *HOYA PUBICALYX***

TUCURUÍ

2024

JOANES MARTINS GALVÃO

**ANTENA *PATCH* PARA COMUNICAÇÃO *WIRELESS* BIOINSPIRADA  
NA FLOR *HOYA PUBICALYX***

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado  
como requisito parcial para a obtenção do  
grau de Bacharel em Engenharia Elétrica,  
pela Universidade Federal do Pará.

Orientador:

Dra. Andrécia Pereira da Costa

Coorientador:

Dr. André Felipe Souza da Cruz.

TUCURUÍ

2024

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

---

M379a Martins Galvão, Joanes.  
ANTENA PATCH PARA COMUNICAÇÃO WIRELESS  
BIOINSPIRADA NA FLOR HOYA PUBICALYX / Joanes  
Martins Galvão. — 2024.  
28 f. : il. color.

Orientador(a): Prof<sup>ª</sup>. Dra. Andrécia Pereira da Costa  
Coorientador(a): Prof. Dr. André Felipe Souza da Cruz  
Trabalho de Conclusão (Graduação) - Universidade Federal do  
Pará, , Tucuruí, 2024.

1. ntena patch; cabo coaxial; FR4; flor Hoya Pubicalyx;  
geometria bioinspirada. I. Título.

CDD 621.26

---

JOANES MARTINS GALVÃO

**ANTENA *PATCH* PARA COMUNICAÇÃO *WIRELESS* BIOINSPIRADA  
NA FLOR *HOYA PUBICALYX***

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica, pela Universidade Federal do Pará.

Data de aprovação: 26 de novembro de 2024.

**Banca Examinadora:**

---

**Dra. Andrécia Pereira da Costa**  
Orientadora - FEE/CAMTUC/UFPA

---

**Prof. Dr. André Felipe Souza Cruz**  
Co-orientador - FEE/CAMTUC/UFPA

---

**Prof. Dr. Alfrêdo Gomes Neto**  
Avaliador Externo - IFPB

---


**Prof. Ma. Juliete da Silva Souza**  
Avaliador Externo - UFCG

TUCURUÍ

2024

## ATA DE DEFESA

### ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

	<b>UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ</b> <b>CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUI</b> <b>FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA</b>
---	--

#### TÍTULO DO TRABALHO

**ANTENA *PATCH* PARA COMUNICAÇÃO *WIRELESS* BIOINSPIRADA NA FLOR  
*HOYA PUBICALYX***


<b>DISCENTE</b>	<b>MATRÍCULA</b>
JOANES MARTINS GALVÃO	201933940007

<b>BANCA EXAMINADORA</b>	<b>CONDIÇÃO</b>
1. Dra. Andrécia Pereira da Costa - UFPA	Orientador
2. Dr. André Felipe Souza da Cruz - UFPA	Coorientador
3. Dr. Alfrêdo Gomes Neto, IFPB	Membro externo
4. Ma. Juliete da Silva Souza, UFCG	Membro externo


<b>Data da Defesa: 26/11/2024</b>	<b>Hora Início: 15:00h</b>	<b>Hora do Término: 16:20</b>
-----------------------------------	----------------------------	-------------------------------

Critérios	Nota dos Avaliadores			
	1	2	3	4
Trabalho Escrito (0 a 10 pontos por critério)				
Formatação	9,5	9,0	7,5	8,0
Linguagem (gramática e semântica)	9,5	8,0	7,5	7,5
Conteúdo técnico	9,5	9,0	8,0	9,5
Defesa Oral (0 a 10 pontos por critério)				
Seqüência lógica de apresentação	10	9,5	8,5	10
Administração do tempo	10	10	9,0	10
Expressão oral	9,8	9,0	9,0	9,0
Domínio do tema	9,8	9,0	9,0	9,5
<b>Média por avaliador</b>	<b>9,73</b>	<b>9,07</b>	<b>8,36</b>	<b>9,07</b>
<b>Média Final</b>	<b>9,06</b>			
<b>Conceito Final</b>	<b>EXCELENTE</b>			


Tucuruí-Pará, 26/11/2024

Documento assinado digitalmente  
 **ANDRECIA PEREIRA DA COSTA**  
Data: 26/11/2024 16:41:13-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


**Orientador**

Documento assinado digitalmente  
 **ALFREDO GOMES NETO**  
Data: 26/11/2024 17:03:51-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Membro**

Documento assinado digitalmente  
 **ANDRE FELIPE SOUZA DA CRUZ**  
Data: 26/11/2024 23:26:39-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Coorientador**

Documento assinado digitalmente  
 **JULIETE DA SILVA SOUZA**  
Data: 26/11/2024 16:44:14-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Membro**

Dedico a mim mesmo, por não ter desistido e ter lutado até o fim por este sonho, aos meus filhos, que são os meus maiores motivos pra seguir em frente e à minha ex-esposa Ingrid Pereira, que foi o meu pilar e meu braço forte durante quase toda essa jornada.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por ter cuidado sempre de mim e da minha família; à Família Vieira Barros, na pessoa do meu amigo Tafarel, sua esposa Maria Josimar e seus filhos Mael e Wilber, pelo apoio no início e durante essa jornada; à minha irmã Alexsandra Galvão, por todo apoio e carinho.

Faço um agradecimento especial à minha ex-esposa Ingrid Pereira, pelo apoio incondicional e por ter sido meu porto seguro durante quase toda essa jornada. Sem ela eu jamais teria conseguido chegar até aqui.

Agradeço à minha professora orientadora Andrécia Pereira da Costa, por ter feito o possível para me colocar no projeto de pesquisa, pela sua paciência, pelo seu incentivo e por todos os ensinamentos valiosos, que contribuíram não apenas para minha formação acadêmica, mas também para meu crescimento como ser humano. Agradeço a ela por ter acreditado em mim e não ter me deixado desistir.

Agradeço ao meu coorientador André Felipe da Cruz, pelos ensinamentos e por todo apoio prestado.

Agradeço a meus amigos irmãos Ângelo Aragão, Fredson Coutinho, Júlio César Ferreira e Willian Xavier, pois a parceria, a troca de conhecimentos e o companheirismo dos mesmos contribuíram para que essa caminhada fosse leve e divertida.

Agradeço ao Laboratório de Eletromagnetismo Aplicado (LEMAG), pela parceria, pelo acolhimento e também pela troca de conhecimentos.

A todos os colegas e amigos que direta ou indiretamente contribuíram para que eu tivesse forças para prosseguir nessa jornada, a todos que torceram e vibraram com cada conquista minha e a todos os professores que fizeram parte dessa minha trajetória acadêmica.

A todos, meu muito obrigado!

"Enquanto eu estiver vivo, minhas possibilidades são infinitas!"  
(Monkey D. Luffy, One Piece).

## RESUMO

Neste trabalho, é apresentado um artigo científico intitulado “Antena *patch* para comunicação *wireless* bioinspirada na flor *Hoya Pubicalyx*”, desenvolvido durante o período de setembro/2023 a agosto/2024, obtido com resultados a partir da execução de um Projeto de Pesquisa de Iniciação Científica (PIBIC), sob orientação dos professores Andréia Pereira da Costa e André Felipe Souza da Cruz. O referido artigo foi apresentado na XIV Conferência Nacional em Comunicações, Redes e Segurança (ENCOM) realizado no Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN) na cidade de Natal/RN. Este trabalho foi elaborado seguindo a resolução nº1/2024 da Faculdade de Engenharia Elétrica (FEE), Campus Universitário de Tucuruí (CAMTUC) da Universidade Federal do Pará (UFPA), que regulamenta os termos da flexibilização do Trabalho de Conclusão de Curso na IN nº5/2023 da PROEG-UFPA. O artigo apresenta o projeto de uma antena *patch* bioinspirada na geometria da flor *Hoya Pubicalyx*, popularmente conhecida como flor de cera. A antena possui dimensões de  $42,8 \times 42,8 \times 1,5 \text{ mm}^3$ , fabricada em um substrato FR4, com permissividade relativa de 4,4 e tangente de perdas de 0,02, alimentada por um cabo coaxial, com impedância de entrada de  $50 \Omega$ . Para a caracterização numérica, foi utilizado o *software Ansys Electronics Desktop* (HFSS) e, para a caracterização experimental, foi utilizado o LiteVNA-64. Os resultados obtidos indicam que a antena proposta possui largura de banda de 60 MHz, perda de retorno  $S_{11} \leq 10 \text{ dB}$  e VSWR abaixo de 2, considerando as frequências de ressonância simulada e medida de 2,46 GHz e 2,42 GHz, respectivamente. Os diagramas de irradiação simulados possuem características direcionais, com ganho máximo de 2,88 dBi na frequência de 2,46 GHz. Os resultados experimentais mostram uma boa concordância com os resultados simulados.

**Palavras-chave:** Antena *patch*; cabo coaxial; FR4; flor *Hoya Pubicalyx*; geometria bioinspirada.

## ABSTRACT

In this work, a scientific article titled "Patch antenna for bio-inspired wireless communication based on the Hoya Pubicalyx flower" is presented, developed during the period from September 2023 to August 2024. This work was achieved with results from a Scientific Initiation Research Project (PIBIC), under the guidance of professors Andrécia Pereira da Costa and André Felipe Souza da Cruz. The mentioned article was presented at the XIV National Conference on Communications, Networks, and Security (ENCOM), held at the Federal Institute of Rio Grande do Norte (IFRN) in the city of Natal/RN. This work was prepared following resolution n<sup>o</sup>1/2024 of the Faculty of Electrical Engineering (FEE), Tucuruí University Campus (CAMTUC) of the Federal University of Pará (UFPA), which regulates the terms for the flexibility of the Course Completion Work in the IN n<sup>o</sup>5/2023 of PROEG-UFPA. The article presents the design of a patch antenna inspired by the geometry of the Hoya Pubicalyx flower, popularly known as the wax flower. The antenna has dimensions of  $42.8 \times 42.8 \times 1.5 \text{ mm}^3$ , manufactured on an FR4 substrate with a relative permittivity of 4.4 and a loss tangent of 0.02, fed by a coaxial cable with an input impedance of 50  $\Omega$ . For numerical characterization, the Ansys Electronics Desktop (HFSS) software was used, and for experimental characterization, the LiteVNA-64 was employed. The obtained results indicate that the proposed antenna has a bandwidth of 60 MHz, a return loss  $S_{11} \leq -10 \text{ dB}$ , and VSWR below 2, considering the simulated and measured resonance frequencies of 2.46 GHz and 2.42 GHz, respectively. The simulated radiation patterns show directional characteristics, with a maximum gain of 2.88 dBi at 2.46 GHz. The experimental results show good agreement with the simulated results.

**Keywords:** *Patch antenna; coaxial cable; FR4; Hoya Pubicalyx flower; bio-inspired geometry.*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – (a) Foto da flor de cera; (b) Modelo gerado no MATLAB® . . . . .	13
Figura 2 – (a) Geometria da antena bioinspirada na flor de cera; (b) Detalhe da alimentação por conector . . . . .	15

## SUMÁRIO

1	TEXTO DE APRESENTAÇÃO . . . . .	12
	Referências . . . . .	16
	ANEXO A – ANTENA <i>PATCH</i> PARA COMUNICAÇÃO <i>WI-RELESS</i> BIOINSPIRADA NA FLOR <i>HOYA PUBICALYX</i> . . . . .	17
	ANEXO B – DECLARAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO EMITIDA PELOS DEMAIS AUTORES DO TRABALHO INCORPORADO . . . . .	23
	ANEXO C – CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO DO ARTIGO "ANTENA <i>PATCH</i> PARA COMUNICAÇÃO <i>WIRELESS</i> BIOINSPIRADA NA FLOR <i>HOYA PUBICALYX</i> " APRESENTADO NA XIV CONFERÊNCIA NACIONAL EM COMUNICAÇÕES, REDES E SEGURANÇA (ENCOM) . . . . .	26

## 1 TEXTO DE APRESENTAÇÃO

Com os avanços tecnológicos, observa-se uma demanda crescente por dispositivos cada vez menores para uma ampla variedade de aplicações, especialmente em sistemas de comunicação. Esse cenário tem levado os projetistas a se desafiarem constantemente, buscando desenvolver projetos para sistemas portáteis de forma rápida. Um exemplo disso são os dispositivos com tecnologia planar, nos quais há um esforço para reduzir gradualmente o tamanho de suas estruturas físicas, com destaque para aplicações em dispositivos sem fio miniaturizados (COSTA, 2016).

Por outro lado, a utilização de geometrias bioinspiradas no projeto de antenas *patch* tem se mostrado vantajosa devido à capacidade de reproduzir formas complexas encontradas na natureza, que frequentemente apresentam alta eficiência e funcionalidade. Essas geometrias permitem otimizar o desempenho da antena em termos de largura de banda, ganho, e direcionalidade, ao mesmo tempo em que podem contribuir para a miniaturização do dispositivo. Nessa perspectiva, inspirar-se em estruturas naturais, como folhas, flores e conchas, possibilita criar padrões de radiação e ressonância que atendem a requisitos específicos de forma mais eficiente do que *designs* convencionais (JÚNIOR, 2016). Além disso, as geometrias bioinspiradas ajudam a reduzir o peso e o volume das antenas, o que é especialmente valioso para aplicações em sistemas portáteis e dispositivos sem fio miniaturizados (BEZERRA et al., ), (ALSUDANI; MARHOON, 2023).

O artigo aborda uma proposta de antena *patch*, inspirada na estrutura natural da flor *Hoya Pubicalyx*, popularmente conhecida como flor de cera, Figura 1(a), na qual a frequência de ressonância do projeto é 2,4 GHz, com foco em comunicação *wireless*. A pesquisa destaca como a natureza pode inspirar soluções tecnológicas eficientes e traz a flor como base de *design* para otimizar a captação e transmissão de sinais de alta frequência. A escolha pela bioinspiração, ou seja, pela adoção de geometrias naturais, se justifica pela forma simétrica da geometria das plantas, que oferecem uma otimização natural de superfície para captar luz, algo análogo à captação de ondas eletromagnéticas, necessária ao funcionamento das antenas (COSTA, 2016).

Para viabilizar esse projeto, foi necessário o emprego da superfórmula de Gielis, que permitiu a modelagem precisa do contorno da flor, gerando uma figura que foi salva em arquivo PNG (*Portable Network Graphics*), Figura 1(b), que posteriormente foi formatado para um arquivo Dxf (*Drawing Exchange Format*), um arquivo que pode ser importado em *softwares* comerciais de CAD (*Computer Aided Design*) e de análise de onda completa. Esse arquivo Dxf foi importado para o software HFSS, onde foram feitas a caracterização numérica e as simulações dos parâmetros da antena projetada. A antena foi fabricada em substrato FR4, um material amplamente utilizado devido principalmente a seu baixo

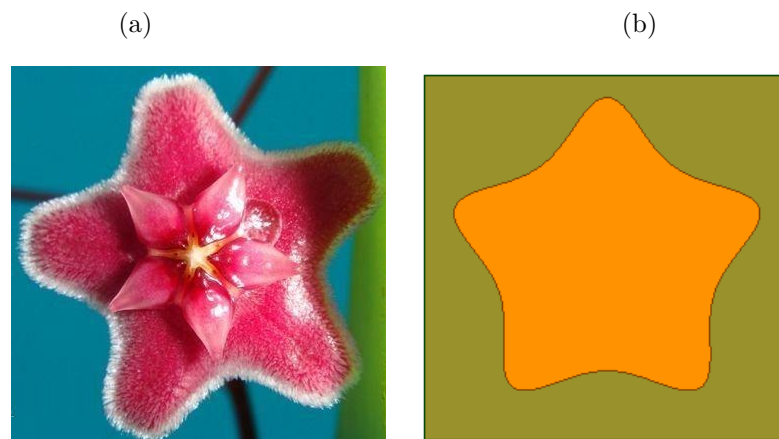
custo, e o processo de simulação foi realizado no software HFSS (*High Frequency Structure Simulator*). Tal ambiente de simulação possibilitou ajustes detalhados do modelo para garantir uma resposta otimizada em frequências na faixa de 2,4 GHz. Esse processo foi seguido por testes experimentais que confirmaram uma excelente correspondência com os resultados simulados, evidenciando a precisão da modelagem e o bom desempenho da antena proposta.

Em relação aos resultados experimentais, o estudo demonstrou que a antena alcançou uma ressonância de 2,46 GHz, valor próximo ao ideal para sistemas de comunicação *wireless*, além de um ganho máximo de 2,88 dBi e uma perda de retorno de  $-21,8\text{dB}$ , garantindo que a energia irradiada se mantenha estável e minimizando interferências. A antena inspirada na flor de cera apresentou características direcionais de irradiação com um bom casamento de impedância.

Outro ponto de destaque é a aplicabilidade do projeto. A antena, além de ser economicamente viável e de fácil fabricação, oferece um bom desempenho, sendo uma boa alternativa para sistemas de comunicações sem fio como Wi-Fi, WPAN (redes de área pessoal sem fio) e outros sistemas de comunicação próximos ao corpo, uma vez que os resultados experimentais apontaram uma excelente adequação às especificações de impedância e baixa taxa de perda de retorno (ULLAH et al., 2010).

Assim, ao apresentar uma antena que alia eficiência com baixo custo e simplicidade de fabricação, o estudo não só inova ao integrar conceitos biomiméticos ao *design* tecnológico, mas também amplia as possibilidades de utilização em sistemas de comunicação modernos e sustentáveis. A pesquisa é, portanto, uma contribuição valiosa no o avanço das antenas bioinspiradas e evidencia o potencial da natureza como uma fonte de inovação, mostrando que a geometria inspirada em elementos naturais pode ser uma alternativa para soluções tecnológicas que demandam bom desempenho.

Figura 1 – (a) Foto da flor de cera; (b) Modelo gerado no MATLAB®



Fonte: (a)(ASSOCIATION, ); (b) Autoria própria (2024)

Inicialmente foi conduzida uma pesquisa em bases de dados acadêmicas, livros, artigos de conferências e outras fontes relevantes para identificar estudos, técnicas e conceitos relacionados a antenas em microfita bioinspiradas e sua aplicação na faixa de frequência pretendida. Por conseguinte, foi conduzido um estudo sobre o modelo matemático proposto por Gielis em 2003 (GIELIS, 2003). Esse modelo permite uma descrição matemática de uma ampla gama de formas naturais e abstratas, incluindo formatos de folhas e flores, por exemplo. A partir do conceito de superelipses, Equação (1), Gielis derivou a Equação (2), fundamentada na ideia de que muitas formas naturais podem ser interpretadas como variações de círculos (LEMOS et al., 2014). Para alcançar esse resultado, ele empregou coordenadas polares, substituindo  $x = r \cdot \cos(\Phi)$  e  $y = r \cdot \sin(\Phi)$ , e introduziu o parâmetro  $m/4$  para conferir simetria rotacional em algumas estruturas, além da possibilidade de utilizar diferentes valores do expoente  $n$  para cada termo (por meio de  $n_1, n_2, n_3$ ). Essas adaptações proporcionam uma maior flexibilidade na definição dos contornos (JÚNIOR et al., 2016).

$$\left| \frac{x}{a} \right|^n + \left| \frac{y}{b} \right|^n = 1 \quad (1)$$

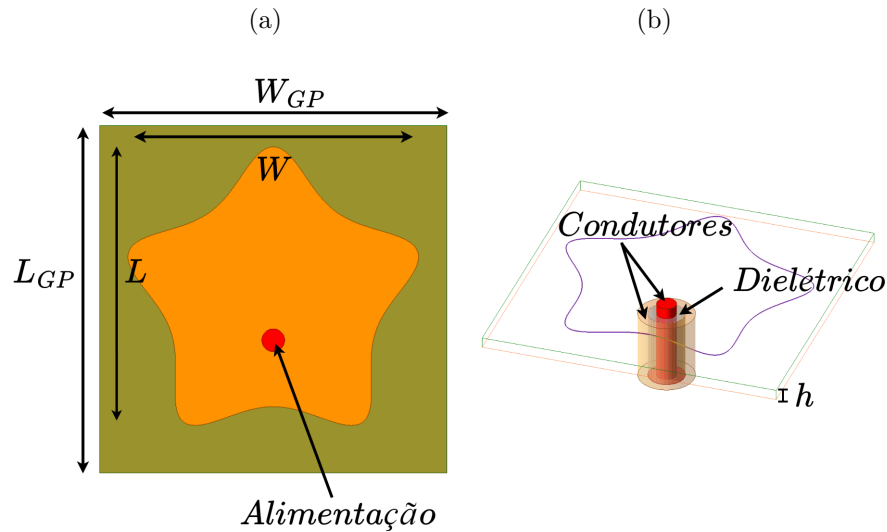
$$r(\Phi) = \frac{1}{\left[ \left( \left| \frac{1}{a} \cos \left( \frac{\Phi m}{4} \right) \right| \right)^{n_2} + \left( \left| \frac{1}{b} \sin \left( \frac{\Phi m}{4} \right) \right| \right)^{n_3} \right]^{n_1}} \quad (2)$$

Ao manipular os seis parâmetros ( $a, b, m, n_1, n_2, n_3$ ) da Equação (2), conhecida como superfórmula de Gielis, é viável criar e ajustar diversos contornos; além disso, a superfórmula pode ser combinada com outras funções matemáticas, resultando em uma variedade de formas adicionais; logo, dentro do contexto das antenas, uma vantagem de adotar estruturas derivadas da superfórmula de Gielis é a capacidade de reprodução, já que a adequada configuração dos parâmetros possibilita replicar uma geometria específica de forma consistente.

As dimensões para um projeto inicial podem ser aproximadas por frações do comprimento de onda ( $\lambda$ ) para a primeira ressonância correspondente a operação na faixa de frequência de 2,4 GHz (ULLAH et al., 2010). Para o dimensionamento do elemento irradiante da antena proposta, foi necessário determinar a largura  $W$  e o comprimento  $L$  aproximados da geometria da flor de cera. Na Figura 2 são mostrados os detalhes da geometria do *patch* (com contorno de 5 pontas suaves simétricas ao centro), do *ground* (plano de terra) e da alimentação por cabo coaxial.

A produção deste artigo proporcionou um aprendizado significativo, especialmente no que diz respeito ao uso de ferramentas técnicas, como MATLAB® e HFSS, que são essenciais para modelagem e simulação de dispositivos de alta frequência. Além disso, o manuseio de equipamentos no laboratório, como o analisador LiteVNA-64, e a experiência prática de fabricação no FABLAB foram igualmente valiosos, consolidando a capacidade de

Figura 2 – (a) Geometria da antena bioinspirada na flor de cera; (b) Detalhe da alimentação por conector



Fonte: Autoria própria (2024)

desenvolver protótipos de forma completa, desde a simulação até a validação experimental. No *software* HFSS é possível projetar e analisar uma infinidade de antenas, inclusive as antenas em microfita, no entanto, a ferramenta em questão apresenta dificuldades para o desenho de geometrias irregulares, como é o caso da geometria escolhida para esse projeto. Nesse sentido, a maior dificuldade encontrada foi em relação à exportação da geometria para o HFSS, por se tratar de uma geometria não regular. Todavia, essa dificuldade foi contornada através de estudos e pesquisa. Também, a participação nesse trabalho aprimorou habilidades em planejamento e execução de projetos, exigindo organização e flexibilidade para solucionar desafios técnicos. A elaboração e revisão do artigo reforçaram a importância da clareza na comunicação científica, aprimorando a capacidade de transmitir conceitos e resultados de forma acessível. Em resumo, a experiência foi enriquecedora e representa um avanço significativo tanto técnico quanto profissional.

O trabalho em questão foi apresentado como parte integrante do Trabalho de Conclusão de Curso, por meio de uma estratégia de flexibilização, definida pela INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 05/2023 – PROEG/UFPA, e a utilização do trabalho com o objetivo proposto, tem autorização dos demais autores e coordenadores do trabalho original, como declarado na autorização em anexo, e anuência do colegiado da FEE.

## Referências

- ALSUDANI, A.; MARHOON, H. M. Design and enhancement of microstrip patch antenna utilizing mushroom like-ebg for 5g communications. *J. Commun.*, v. 18, n. 3, p. 156–163, 2023. Citado na página 12.
- ASSOCIATION, T. N. G. *Wax Plant (Hoya pubicalyx 'Bright One')*. <<https://garden.org/plants/view/679235/Wax-Plant-Hoya-pubicalyx-Bright-One/>>. [Accessed 14-11-2024]. Citado na página 13.
- BEZERRA, R. R. de M. et al. Antena patch bioinspirada em um trevo de três folhas para a faixa de frequência de comunicação sem fio. Citado na página 12.
- COSTA, A. Pereira da. *Implementação de uma Superfície Seletiva em Frequência Reconfigurável Baseada na Geometria Estrela de Quatro Braços*. Dissertação (Mestrado), 2016. Citado na página 12.
- DUSI, M. L. H. M.; NEVES, M. M. B. d. J.; ANTONY, S. Abordagem gestáltica e psicopedagogia: um olhar compreensivo para a totalidade criança-escola. *Paidéia (Ribeirão Preto)*, SciELO Brasil, v. 16, p. 149–159, 2006. Citado na página 17.
- GIELIS, J. A generic geometric transformation that unifies a wide range of natural and abstract shapes. *American journal of botany*, Wiley Online Library, v. 90, n. 3, p. 333–338, 2003. Citado na página 14.
- JÚNIOR, P. F. d. S. *Projeto de Antenas Bioinspiradas em Plantas para Sistemas de Comunicação Sem Fio*. Dissertação (Mestrado), 2016. Citado na página 12.
- JÚNIOR, P. S. et al. Bio-inspired design of directional leaf-shaped printed monopole antennas for 4g 700 mhz band. *Microwave and Optical Technology Letters*, Wiley Online Library, v. 58, n. 7, p. 1529–1533, 2016. Citado na página 14.
- LEMOS, N. et al. Four-leaf clover uwb planar monopole antenna. *MOMAG 2014: 16 SBMO. Brazil, 1 CD*, p. 740–744, 2014. Citado na página 14.
- ULLAH, S. et al. *Applications of UWB technology. IEEE Computer Society Annual Symposium on VLSI, Proceedings*. Lixouri Kefalonia: [s.n.], 2010. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 14.

**ANEXO A – ANTENA *PATCH* PARA COMUNICAÇÃO *WIRELESS*  
BIOINSPIRADA NA FLOR *HOYA PUBICALYX***

Na próxima página encontra-se o arquivo original do artigo Antena *patch* para comunicação *wireless* bioinspirada na flor *Hoya Pubicalyx*, apresentado no ENCOM 2024 - XIV Conferência Nacional em Comunicações, Redes e Segurança da Informação, realizado em Natal, Rio Grande do Norte, nos dias 18 e 19 de outubro de 2024. ([DUSI](#); [NEVES](#); [ANTONY](#), 2006)

# Antena *patch* para comunicação *wireless* bioinspirada na flor *Hoya Pubicalyx*

Joanes Martins Galvão  
Faculdade de Engenharia Elétrica  
Universidade Federal do Pará  
Tucuruí, Pará, Brasil  
joanes.galvao@tucuruui.ufpa.br

Leonardo França da Cruz  
Faculdade de Engenharia Elétrica  
Universidade Federal do Pará  
Tucuruí, Pará, Brasil  
leonardo.cruz@tucuruui.ufpa.br

Ryan da Costa Sousa  
Faculdade de Engenharia Elétrica  
Universidade Federal do Pará  
Tucuruí, Pará, Brasil  
ryan.sousa@tucuruui.ufpa.br

Andrécia Pereira da Costa  
Faculdade de Engenharia Elétrica  
Universidade Federal do Pará  
Tucuruí, Pará, Brasil  
andreciacosta@ufpa.br

André Felipe Souza da Cruz  
Faculdade de Engenharia Elétrica  
Universidade Federal do Pará  
Tucuruí, Pará, Brasil  
andcruz@ufpa.br

Rafael Suzuki Bayma  
Faculdade de Engenharia Elétrica  
Universidade Federal do Pará  
Tucuruí, Pará, Brasil  
rafaelbayma@ufpa.br

**Resumo**—Este artigo apresenta o projeto de uma antena *patch* bioinspirada na geometria da flor *Hoya Pubicalyx*, popularmente conhecida como flor de cera. A antena possui dimensões de  $42,8 \times 42,8 \times 1,5$  mm<sup>3</sup>, fabricada em um substrato FR4, com permissividade relativa de 4,4 e tangente de perdas de 0,02, alimentada por um cabo coaxial, com impedância de entrada de 50 Ω. Para a caracterização numérica, foi utilizado o *software Ansys Electronics Desktop* (HFSS) e, para a caracterização experimental, foi utilizado o LiteVNA-64. Os resultados obtidos indicam que a antena proposta possui perda de retorno  $S_{11} \leq -10$  dB e VSWR abaixo de 2, considerando a frequência de ressonância simulada e medida de 2,46 GHz e 2,42 GHz. Os diagramas de irradiação simulados possuem características direcionais, com ganho máximo de 2,88 dBi na frequência de 2,46 GHz. Os resultados experimentais mostram uma boa concordância com os resultados simulados.

**Palavras-chave**—Antena *patch*, cabo coaxial, FR4, flor *Hoya Pubicalyx*, geometria bioinspirada.

## I. INTRODUÇÃO

A crescente utilização da comunicação sem fio tem despertado nos pesquisadores à busca de novos e modernos dispositivos com características atrativas, tais como: baixo volume, baixo custo, formato ajustável, operação em múltiplas faixas de frequência, etc. [1], [2]. Nestes dispositivos, diversos tipos de redes sem fio são utilizados, das quais se destacam o Wi-Fi, o WiMAX, e as tecnologias de redes domésticas sem fio (WPAN), tais como o *Bluetooth*, *Ultra-Wideband* (UWB) para operação entre dispositivos próximos [3], [4], bem como a de redes próximas ao corpo (WBAN), com aplicações médicas e não médicas, [5].

Para atender essa demanda, podem ser utilizadas as antenas em microfita, as quais são estruturas metálicas que se baseiam em uma placa metálica chamada *patch*, posicionada sobre um substrato dielétrico, que por sua vez é colocado sobre um plano de terra, [6]. Esse tipo de antena possui várias técnicas de alimentação, as mais utilizadas são por linha de microfita ou cabo coaxial conectado ao plano de terra, [7].

As antenas *patch* em microfita apresentam diversas vantagens em relação às de micro-ondas convencionais, uma vez que permitem diferentes geometrias que podem ser utilizadas em circuitos e/ou dispositivos de alta frequência, atendendo às exigências de uma grande variedade de serviços e à mobilidade [1], [8], [9].

Neste sentido, projetos de antenas em microfita bioinspiradas na natureza têm sido propostos na literatura, e têm apresentado resultados aceitáveis em várias faixas de frequência. As plantas apresentam um bom modelo de estudo para projetos que utilizam o espectro eletromagnético, devido sua geometria ser favorável à captação para fotossíntese, de forma semelhante às antenas no espectro de recepção de ondas eletromagnéticas [1]. Além disso, existe a busca para descrever geometrias da natureza por modelos matemáticos, onde algumas técnicas podem ser citadas, como a razão áurea, a sequência de Fibonacci, fractais, super fórmula de Gielis, sistemas de Lindenmayer, equações polares, entre outras [10].

Uma revisão da literatura com os avanços em projetos de antenas bioinspiradas na natureza foi abordada recentemente por [11]. Em [10] verificou-se o uso de geometrias bioinspiradas em plantas (folhas e flores) para o desenvolvimento de antenas tipo *patch* e monopolo impresso para aplicação em sistemas de comunicação de quarta geração e de banda ultralarga, com operação nas faixas de 700 MHz, 2,5 GHz, 2,12 GHz e 2,9 GHz. Uma antena *patch* vestível bioinspirada para aplicações WiMAX e WLAN operando na faixa de frequência de 3,2 GHz e 5,3 GHz foi destacada em [12]. O projeto de uma antena *patch* com estrutura bioinspirada na folha da árvore *Wayfaring* (*Viburnum lantana*) na faixa de 2,44 GHz foi proposta por [13]. O trabalho de [14] desenvolveu antenas monopolo impressas com refletor e geometria bioinspirada na planta de cana-de-açúcar para faixa 4G em 700 MHz. Já em [15] uma geometria de um trevo de quatro folhas é modelada em uma antena monopolo impressa operando na faixa UWB (3 GHz – 11 GHz).

Assim, neste trabalho é abordado a caracterização numérica e experimental de uma antena *patch* bioinspirada na flor de cera (*Hoya Pubicalyx*). A antena proposta foi idealizada para operar na faixa de frequência 2,4 GHz, onde operam diversos sistemas de comunicação *wireless* (sem fio). Foi realizada a caracterização numérica utilizando o *software High Frequency Structure Simulator* (HFSS) da Ansys [16], e para a caracterização experimental foi utilizado um analisador de rede vetorial portátil do tipo LiteVNA-64.

Além desta introdução, este artigo está estruturado nas seguintes seções: a seção II exibe a metodologia utilizada para o projeto da antena na flor de cera, na seção III os resultados numéricos e experimentais são discutidos, e a seção IV são exibidas as considerações finais.

## II. ANTENA BIOINSPIRADA NA FLOR DE CERA

O procedimento do projeto da antena *patch* proposta partiu da análise da geometria da antena flor de cera, Fig. 1(a).

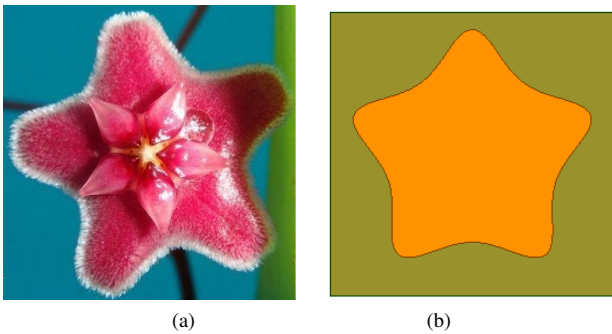


Fig. 1. (a) Foto da flor de cera [17]; (b) Modelo gerado no MATLAB®

As dimensões para um projeto inicial podem ser aproximadas por frações do comprimento de onda ( $\lambda$ ) para a primeira ressonância correspondente a operação na faixa de frequência de 2,4 GHz, [18]. Para o dimensionamento do elemento irradiante da antena proposta, foi necessário determinar a largura  $W$  e o comprimento  $L$  aproximados da geometria da flor de cera. Para isso, foi utilizada a superfórmula de Gielis, [18]. Ao implementar a superfórmula, e realizar o ajuste dos parâmetros no *software* MATLAB®, foi possível obter o caminho de contorno da geometria desejada, como é mostrado na Fig. 1(b).

A partir do resultado gráfico da Fig. 1(b), a imagem foi gerada no formato PNG (*Portable Network Graphics*) e em seguida, formatada em arquivo DXF (*Drawing Exchange Format*), para posterior fabricação. Ao implementar a superfórmula de Gielis no *software* HFSS, foi possível construir a geometria e executar as simulações eletromagnéticas. Na Fig. 2 são mostrados os detalhes da geometria do *patch* (com contorno de 5 pontas suaves simétricas ao centro), do *ground* (plano de terra) e da alimentação por cabo coaxial.

Na Tab. I são mostradas as dimensões das partes funcionais da antena *patch* proposta.

Para a fabricação da antena proposta foi utilizado o substrato dielétrico de fibra de vidro FR4 com espessura  $h = 0,15$  cm,

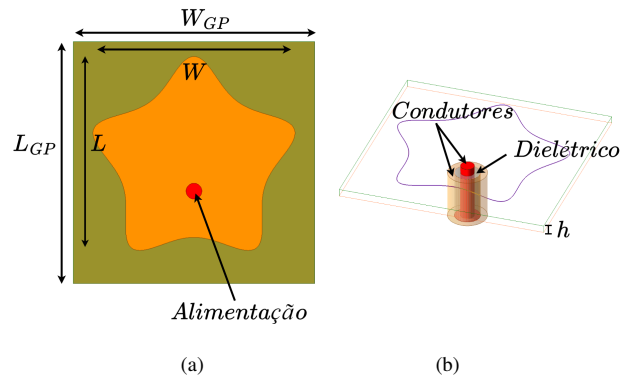


Fig. 2. (a) Geometria da antena bioinspirada na flor de cera; (b) Detalhe da alimentação por conector

TABELA I  
DIMENSÕES DA ANTENA PROPOSTA

Parâmetro	Substrato e plano terra	Patch	Alimentação (diâmetro condutor)		
			Raio	Raio	Cilindro
Valor (mm)	$W_{GP} = L_{GP}$	$W = L$	0,14	0,4	0,26

constante dielétrica de 4,4 e tangente de perdas de 0,02. A antena foi alimentada por um conector SMA inserido por baixo do plano de terra. Para a modelagem do cabo coaxial de alimentação, admitiu-se o condutor interno com 0,14 cm de diâmetro, condutor externo 0,4 cm e o cilindro dielétrico de 0,26 cm com permissividade relativa de 2,25.

Para encontrar o ponto de alimentação com impedância de 50 *ohms*, foi utilizado o *software* HFSS para realizar uma varredura em uma região de simetria do *patch*, onde observou-se menor perda de retorno na posição  $x = 0,507$  cm do centro da antena (na direção do comprimento  $L$ ).

O protótipo da antena foi confeccionado utilizando um adesivo de vinil depositado sobre o condutor virgem da placa de FR4. Por meio da fabricação digital, foi possível utilizar uma CNC laser para executar o corte computadorizado da geometria da flor de cera sobre o vinil depositado. Após a execução do corte, parte do vinil foi removido, e então deu-se início ao processo de ataque químico por corrosão de percloro de ferro, para extrair o condutor indesejado da placa, mantendo apenas o *patch* com geometria da flor de cera. Por fim, utilizando um furador de placas e uma estação de solda, foi realizada a soldagem do conector SMA.

Todo o processo de fabricação foi realizado no Laboratório de Fabricação - FABLAB do Campus Universitário de Tucuruí, da Universidade Federal do Pará. As etapas do processo de fabricação são demonstradas na Fig. 3.

## III. RESULTADOS SIMULADOS E MEDIDOS

Na análise de resultados da antena proposta são apresentados a perda de retorno (parâmetro  $S_{11}$ ), VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*), largura de banda, Carta de *Smith*, mostrando a impedância de entrada da antena, densidade

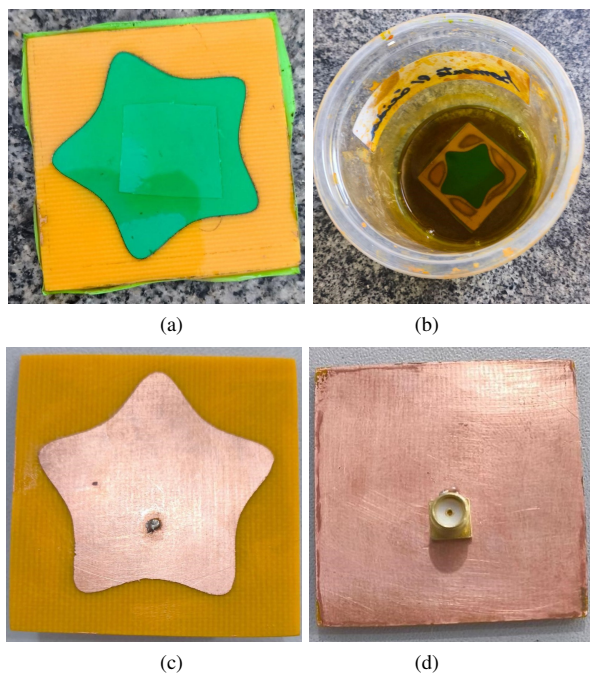


Fig. 3. Processo de fabricação da antena proposta: (a) Antena com máscara adesiva; (b) Placa submersa no perclorato de ferro; (c) Antena fabricada (vista de topo); (d) Vista inferior (plano de terra)

superficial de corrente, campo distante no *patch* da antena, e os diagramas de irradiação 2D.

Os processos de simulação e caracterização experimental foram realizados no Laboratório de Eletromagnetismo Aplicado - LEMAG, do Campus Universitário de Tucuruí, da Universidade Federal do Pará. Após as simulações no *software* HFSS, deu-se início o processo de caracterização experimental utilizando um analisador de rede vetorial portátil de baixo custo, do tipo LiteVNA-64, na faixa de medição 50 kHz a 6,3 GHz.

A leitura dos resultados medidos pode ser visualizada na tela do notebook, sendo possível obter os dados em arquivo no formato *.csv* ou *.s1p* a partir do *software* executável VNA-QT [19]. O *setup* de medição é mostrado na Fig. 4.

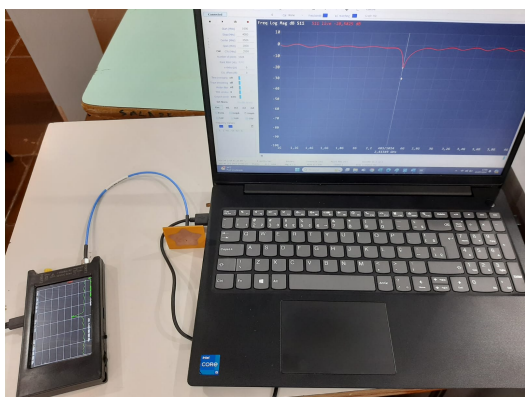


Fig. 4. *Setup* de medição

Uma análise comparativa dos resultados simulados e medidos na faixa de frequência de 1,5 GHz a 3,5 GHz são observados nas Fig. 5 e Fig. 6.

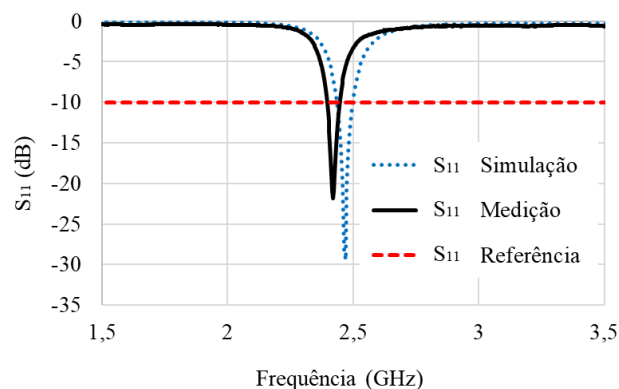


Fig. 5. Resultado simulado e medido do  $S_{11}$  para a antena proposta

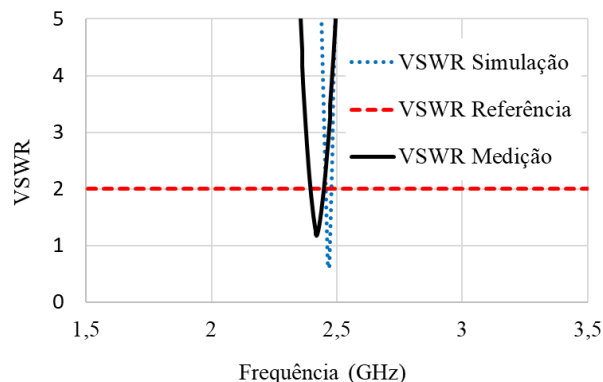


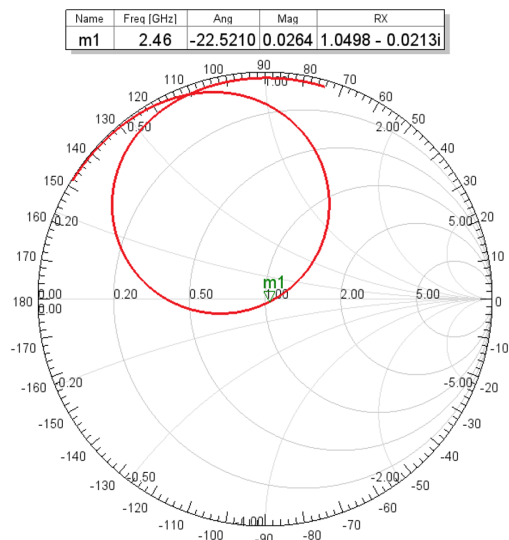
Fig. 6. Resultado simulado e medido do VSWR para a antena proposta

Na Fig. 5 é mostrada a perda de retorno (parâmetro  $S_{11}$ , ou coeficiente de reflexão  $\Gamma$  da antena) obtidos via simulação, e medição experimental, comparados com o nível -10 dB.

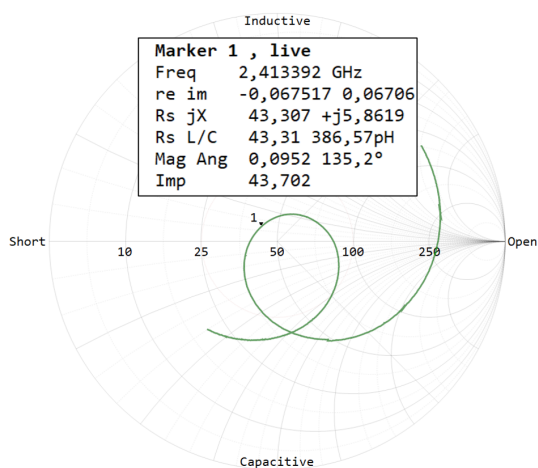
Desta forma, o resultado simulado da antena projetada apresenta perda de retorno de  $S_{11} = -29,38$  dB, frequência de ressonância em 2,46 GHz, largura de banda de 60 MHz. Enquanto isso, os resultados obtidos via medição mostram perda de retorno de  $S_{11} = -21,8$  dB, frequência de ressonância em 2,42 GHz, largura de banda de 50 MHz. A partir da Fig. 6 verifica-se que a antena simulada apresentou VSWR de 0,58 dB, enquanto a medição experimental foi de 1,17 dB, ambos em suas respectivas frequências de ressonância, estando abaixo da faixa crítica de 2. É perceptível através da comparação dos resultados de  $S_{11}$  e VSWR, simulados e medidos, que estão em concordância e dentro dos limites aceitáveis, indicando que a antena apresenta mínimas reflexões e o sinal injetado nela pode ser transmitido.

Os valores simulados e medidos para a impedância de entrada da antena, traçados sobre a carta de Smith, podem

ser visualizados na Fig. 7, em que o centro da carta indica o casamento de impedâncias em 50 ohms.



(a)



(b)

Fig. 7. Gráficos dos valores de impedância de entrada da antena bioinspirada na flor de cera sobre a carta de Smith: (a) Simulação em 2,46 GHz; (b) Medição em 2,41 GHz

A partir dos resultados de carta de Smith na Fig. 7(b), verificou-se que a impedância de entrada medida para a antena foi de  $43,30 \Omega + j5,8619 m\Omega$  na frequência próxima de 2,42 GHz, demonstrando uma mínima parte reativa e indutiva.

Os diagramas de irradiação simulados para a antena proposta (ganhos direcionais no plano E e H) são mostrados na Fig. 8, considerando a frequência de ressonância em 2,46 GHz.

Pode-se observar que o diagrama da antena proposta no plano E e plano H apresenta máxima irradiação na direção  $\theta = 0^\circ$ , com ganho máximo de 2,88 dBi. Além disso, a antena tem uma largura de feixe de meia potência (HPBW) de aproximadamente  $84^\circ$  em ambos os planos, demonstrando simetria de irradiação, com um pequeno lóbulo traseiro de

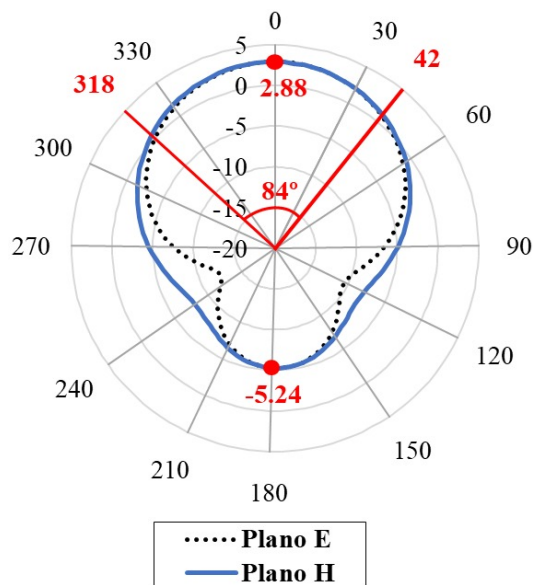


Fig. 8. Diagrama de irradiação no plano E, e no plano H, ambos na frequência de ressonância de 2,46 GHz

-5,24 dB.

Para demonstrar o modo fundamental ressonante da antena, na Fig. 9 é mostrada a distribuição da densidade superficial de corrente ( $J$ , A/m) no *patch* da antena.

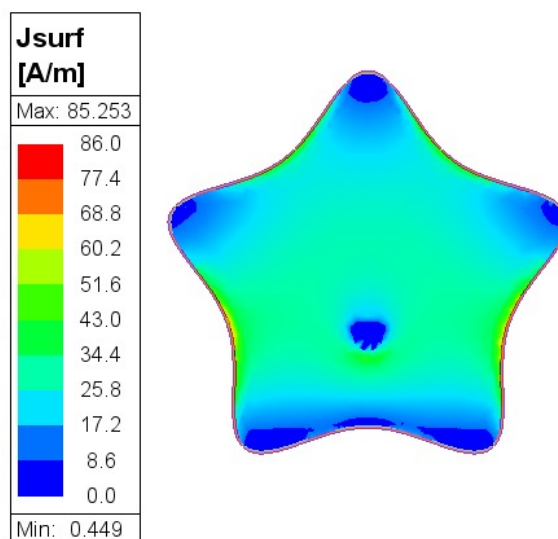


Fig. 9. Distribuição de densidade de corrente superficial ( $J$ , A/m).

Nota-se uma maior concentração nas bordas da antena e na região próxima à alimentação. Verifica-se que a distribuição é menor nas pontas da geometria da flor de cera.

Por fim, na Fig. 10 é mostrado o diagrama de campo distante, concêntrico com a geometria da antena *patch* proposta.

A partir da Fig. 10 constata-se que o diagrama de irradiação da antena proposta é simétrico nos planos E e H, semelhante

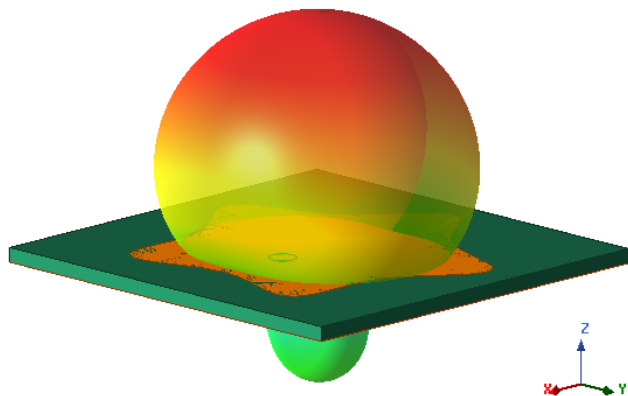


Fig. 10. Diagrama de campo distante da antena *patch* proposta.

aos diagramas apresentados por antenas *patches* circulares. Ao comparar a antena proposta, que possui um *patch* com diâmetro efetivo de 3,57 cm, com uma antena de *patch* circular com diâmetro 3,38 cm, verifica-se uma melhora na antena proposta com diminuição do lóbulo traseiro, e aumento do ganho de diretividade.

#### IV. CONCLUSÃO

Neste artigo foi apresentada a caracterização numérica e experimental de uma antena de microfita do tipo *patch*, bioinspirada na flor *Hoya Pubicalyx* (popular flor de cera). A antena foi projetada para operar na frequência de ressonância de 2,4 GHz, no entanto, através das medições realizadas utilizando um *setup* com um analisador de rede vetorial portátil (LiteVNA-64), o protótipo fabricado ressoou em 2,42 GHz, apresentando perda de retorno  $-21,8$  dB, largura de banda de 50 MHz, com VSWR abaixo de 2 cobrindo toda a faixa de frequência desejada foi obtida. A partir dos diagramas de irradiação, observou-se que a antena obteve ganho total de 2,88 dBi. A impedância sobre a acarta de Smith indicou que a antena possui satisfatório casamento de impedância. Logo, pode-se inferir que a antena apresenta boa eficiência de irradiação, indicando que maior parte da energia está sendo irradiada. Além de ser considerada uma estrutura de fácil implementação, baixo custo de fabricação, com exibição resultados consistentes, o que a torna uma opção de escolha para aplicações em sistemas de comunicação sem fio.

#### V. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Amazônia Paraense de Amparo à Pesquisa - FAPESPA pelo financiamento deste projeto de pesquisa, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq e agradecem, ainda, a contribuição dos colaboradores do Laboratório de Eletromagnetismo Aplicado - LEMAG, e do Laboratório de Fabricação Digital - FABLAB, ambos localizados no Campus Universitário de Tucuruí, da Universidade Federal do Pará.

#### REFERÊNCIAS

- [1] E. E. C. Oliveira, R. B. Bezerra, T. A. C. Silva, R. C. F. Medeiros. "Antena patch bioinspirada em um trevo de três folhas para a faixa de frequência de comunicação sem fio," em *Revista Científica Semana Acadêmica*. Fortaleza, 2017. Disponível: <https://semanaacademica.org.br/artigo/antena-patch-bioinspirada-em-um-trevo-de-tres-folhas-para-faixa-de-frequencia-de-comunicacao>. Acesso Jul. 26, 2024.
- [2] A. Alsudani, H. M. Marhoo, "Design and Enhancement of Microstrip Patch Antenna Utilizing Mushroom Like-EBG for 5G Communications," *Journal of Communications*, vol. 18, no. 3, pp.156–163, Mar. 2023, doi:10.12720/jcm.18.3.156-163.
- [3] C. Park, T. S. Rapaport, "Short range communications for next-generation networks: UWB, 60 GHz, millimeter wave WPAN, and ZigBee," *IEEE Wireless Communications*, v. 14, p. 70–78, Ago. 2007, doi:10.1109/MWC.2007.4300986.
- [4] P. F da Silva Júnior, "Projeto de antenas bioinspiradas em plantas para sistemas de comunicação sem fio," Dissertação de Mestrado, Engenharia Elétrica, Instituto Federal de Educação da Paraíba, João Pessoa, 2016. Disponível: <https://repositorio.ifpb.edu.br/handle/177683/263>. Acesso Set. 29, 2024.
- [5] S. Ullah, M. Ali, A. Hussain, K. S. Kwak, In: Applications of UWB technology. *IEEE Computer Society Annual Symposium on VLSI, Proceedings*. Lixouri Kefalonia: pp. 5–7, 2010.
- [6] C. A. Balanis, *Antena theory – Analysis e design*, 4th Edition, John Wiley & Sons, Inc. USA, 2016.
- [7] R. Garg, P. Bhartia, I. Bahl, A. Ittipiboon, "Microstrip antenna design handbook," *Artech House Antennas and Propagation Library*, pp. 14–19, 2000.
- [8] K. L. Wong, *Compact and broadband microstrip antennas*, New York, John Wiley & Sons, Inc. USA, 2002.
- [9] A. S. M. Z. Kausar, A. W. Reza, A. A. Latef e M. H. K. M. E. Ulla, "Optical nanoantenas: state of the art, scope and challenges as a biosensor along with human exposure to nano-toxicology," *Sensors*, vol. 15, pp. 8787–8831, 2015, doi:10.3390/s150408787.
- [10] M. A. de Oliveira et al., "Using polar transformation to design a dissimilar antenna array inspired on four-leaf clover," in 2018 *IEEE Radio and Wireless Symposium (RWS)*, Anaheim, CA, USA, pp. 228–230, 2018, doi: 10.1109/RWS.2018.8304994.
- [11] F. Azam, S. I. H. Shah, S. Bashir and S. Koziel, "Review of recent advancement on nature/bio-inspired antenna designs," in *IEEE Access*, vol. 12, pp. 37493–37512, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3372864.
- [12] J. P. F da Silva et al., "Antena patch vestível bioinspirada para aplicações WiMAX e WLAN," em *18 SBMO - Simpósio Brasileiro de Microondas e Optoeletrônica e 13 CBMag - Congresso Brasileiro de Eletromagnetismo*, Santa Rita do Sapucaí, MG, pp. 235–238, 2018.
- [13] M. A. de Oliveira et al., "Patch antenna bio-inspired on wayfaring-tree (*Viburnum lantana*) for applications in 2.4 GHz," em *2017 SBMO/IEEE MTT-S International Microwave and Optoelectronics Conference (IMOC)*, Águas de Lindóia, Brazil, pp. 1–4, 2017, doi: 10.1109/IMOC.2017.8121118.
- [14] N. A. Lemos, A. N. Silva, H. F. Paiva e P. H. F. Silva, "Four-leaf clover UWB planar monopole antenna," em *16° SBMO - Simpósio Brasileiro de Micro-ondas e Optoeletrônica e 11° CBMag - Congresso Brasileiro de Eletromagnetismo*. Curitiba, pp. 740–744 Ago. 2014.
- [15] P. F. Silva Júnior, P. H. F. Silva, A. J. R. Serres, J. C. Silva e R. C. S. Freire, "Bioinspired design of directional leaf-shaped printed monopole antennas for 4G 700 MHz band," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 58, pp. 1529–1533, 2016.
- [16] <http://www.ansys.com>
- [17] <https://garden.org/plants/view/679235/Wax-Plant-Hoya-pubicalyx-Bright-One/>
- [18] P. F. Silva Júnior; J. C. Silva, P. H. F. Silva. "Projeto de uma Antena de Folha para 700 MHz", em *16° SBMO - Simpósio Brasileiro de Micro-ondas e Optoeletrônica e 11° CBMag - Congresso Brasileiro de Eletromagnetismo*. Curitiba, pp. 758–763, 2014.
- [19] <https://nanorfe.com/nanovna-v2-software.html>

## **ANEXO B – DECLARAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO EMITIDA PELOS DEMAIS AUTORES DO TRABALHO INCORPORADO**

Na próxima página encontrará-se a declaração de autorização que possibilita a utilização do trabalho apresentado no anexo [A](#) como parte integrante do trabalho escrito, para compor o Trabalho de Conclusão de Curso apresentado, conforme RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 01/2024/FEE, DE 12 DE ABRIL DE 2024.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ  
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA

**ANEXO II: Declaração de autorização emitida pelos demais autores do trabalho incorporado.**

## **Declaração de Autorização**

Tucuruí-PA, 21 de outubro de 2024.

Ao colegiado da Faculdade de Engenharia Elétrica do CAMTUC/UFPA, e a quem possa interessar;

Eu, **JOANES MARTINS GALVÃO**, nº de Matrícula **201933940007**, DECLARO ter sido autorizado por todos os discentes (co-autores), abaixo relacionados, incluindo o docente responsável (orientador), para a utilização do trabalho técnico-científico intitulado **ANTENA PATCH PARA COMUNICAÇÃO WIRELESS BIOINSPIRADA NA FLOR HOYA PUBICALYX**, apresentado no ENCOM 2024, realizado em Natal, Rio Grande do Norte, no período de 18 a 20 de outubro de 2024, como parte integrante do Trabalho Escrito, para cumprimento da componente curricular EL18060 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO, segundo a RESOLUÇÃO NORMATIVA

Nº 01/2024/FEE, DE 12 DE ABRIL DE 2024, que trata da flexibilização da atividade curricular de TCC por meio da INSTRUÇÃO NORMATIVA N. 05 DE 21 DE DEZEMBRO DE 2023.

O(s) discente(s), também, declara(am) a ciência da **impossibilidade de reutilização** do trabalho técnico-científico mencionado por qualquer outro autor para a mesma finalidade. Esta declaração terá validade, se, e somente se, acompanhada das assinaturas de todos os autores listados abaixo.

Nada mais a declarar, agradeço a atenção e consideração.



Documento assinado digitalmente

JOANES MARTINS GALVAO

Data: 11/11/2024 20:51:47-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---


NOME DO DISCENTE BENEFICIÁRIO


## Relação dos discentes co-autores:


MATRÍCULA	NOME COMPLETO	ASSINATURA
202033940007	Ryan Da Costa Sousa	
202033940010	Leonardo França da Cruz	

## Docente responsável e orientador do trabalho técnico-científico:

MATRÍCULA	NOME COMPLETO	ASSINATURA
3272077	Andrécia Pereira da Costa	

Documento assinado digitalmente  
 **ANDRECIA PEREIRA DA COSTA**  
 Data: 12/11/2024 09:10:19-0300  
 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Documento assinado digitalmente  
 **LEONARDO FRANCA DA CRUZ**  
 Data: 12/11/2024 07:43:46-0300  
 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Documento assinado digitalmente  
 **RYAN DA COSTA SOUSA**  
 Data: 11/11/2024 21:15:09-0300  
 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**ANEXO C – CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO DO ARTIGO  
"ANTENA *PATCH* PARA COMUNICAÇÃO *WIRELESS* BIOINSPIRADA  
NA FLOR *HOYA PUBICALYX*" APRESENTADO NA XIV  
CONFERÊNCIA NACIONAL EM COMUNICAÇÕES, REDES E  
SEGURANÇA (ENCOM)**

Na próxima página encontrará-se o certificado de apresentação do artigo apresentado no anexo [A](#) como parte integrante do trabalho escrito, para compor o Trabalho de Conclusão de Curso apresentado, conforme RESOLUÇÃO NORMATIVA N° 01/2024/FEE, DE 12 DE ABRIL DE 2024.

Verifique o código de autenticidade 18305980.88764367.166576.8.8305980887643671665768 em <https://www.even3.com.br/documentos>

# CERTIFICADO

20  
24

Certificamos que o trabalho intitulado **Antena patch para comunicação wireless bioinspirada na flor Hoya Pubicalyx** foi apresentado por **Joanes Martins Galvão** na XIV Conferência Nacional em Comunicações, Redes e Segurança da Informação (ENCOM 2024) realizada em Natal, de 18/10/2024 a 19/10/2024.



**Francisco Sales de Lima Filho**

Presidente da Comissão Organizadora

