

ANTENA PATCH BIOINSPIRADA EM UM TREVO DE TRÊS FOLHAS PARA A FAIXA DE FREQUÊNCIA DE COMUNICAÇÃO SEM FIO

Rômulo Rodrigues de Moraes Bezerra¹

Tales Augusto Carvalho de Barros²

Elder Eldervitch Carneiro de Oliveira³

Rodrigo César Fonseca da Silva⁴

Teodósio Carducci Medeiros⁵

RESUMO

O presente artigo apresenta uma antena bioinspirada de baixo custo baseado na folha de um trevo de três folhas, caracterizada para a frequência de ressonância de 2,45 GHz (pertencente à banda ISM - *Industrial Scientific and Medical*), onde temos aplicações em rede de comunicação sem fio, por exemplo, o conhecido WiFi (padrão IEEE 802.11 a/b/g/n) e *Bluetooth* (padrão IEEE 802.15). A antena apresentada foi excitada pelo método de linha de microfita baseado no modelo da linha de transmissão (TLM) e teve seus diversos parâmetros eletromagnéticos (parâmetros S) analisados no simulador de onda completa *Ansoft DesignerTM* que implementa o método numérico dos momentos (MOM). Após algumas simulações com o intuito de autenticar o projeto e investigar o desempenho em frequência, um protótipo foi construído e avaliado em um analisador de rede vetorial. Resultados simulados e medidos foram obtidos, em seguida apresentados e discutidos.

Palavras-chave: Antena de microfita. Antena bioinspirada. Comunicação sem fio.

^{1,2} Alunos de graduação em física e computação da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB.

³ Doutor em Engenharia Elétrica. Atualmente é professor adjunto da Universidade Estadual da Paraíba.

⁴ Doutor em Física. Atualmente é professor adjunto da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB.

⁵ Graduando em Física pela Universidade Estadual da Paraíba – UEPB.

1 INTRODUÇÃO

A crescente utilização da comunicação sem fio (*wireless*) tem despertado nos pesquisadores à busca de novos dispositivos com características atrativas, tais como: baixo peso, baixo perfil, bons níveis de QoS (qualidade de serviço), baixo custo, e principalmente que atendam os requisitos necessários sem perda de desempenho.

As antenas são estruturas metálicas que irradiam e recebem energia eletromagnética pelo espaço livre (BALANIS, 1997). São componentes decisivos nesses tipos de sistemas de comunicação sendo amplamente utilizadas em aplicações UWB (*ultra wideband*) e demais sistemas de comunicação sem fio, que necessitem que os parâmetros como o ganho e impedância operem em uma larga faixa de frequência de interesse, mais precisamente cobrindo uma boa parte da faixa de frequência das micro-ondas (KUMAR, 2003).

Antenas patch em microfita vêm despertando interesse em diversas áreas das telecomunicações, isso se deve as suas inúmeras vantagens sobre as antenas de micro-ondas convencionais, uma vez que, apresenta uma grande variedade de serviços e à mobilidade, além de apresentam um leque grande de possibilidade de geometrias que possa ser utilizadas em circuitos e/ou dispositivos de alta frequência. Neste sentido, faz-se necessário a busca por dispositivos com estrutura simples, de fácil fabricação, características de banda larga, e diagrama de radiação omnidirecional (WONG, 2002).

Neste contexto, diversos projetos de antenas inspiradas na flora brasileira têm sido apresentados nas pesquisas, obtendo bons resultados. As plantas apresentam um bom modelo de estudo para projetos que utilizam o espectro eletromagnético, devido ao seu processo de produção de energia através dos raios solares, de forma semelhante às antenas no aspecto de recepção de ondas eletromagnéticas. Dentre os trabalhos de maior relevância produzidos com antenas bioinspiradas em folhas, pode ser citado o modelo de Maple-leaf, a folha representada na bandeira do Canadá, com largura de banda em torno de 6,0 GHz (Ahmed et al., 2010)

Assim, o presente trabalho apresenta o projeto e análise numérica de uma antena bioinspirada em um trevo de três folhas. O projeto da antena foi executado visando aplicações que requeiram a frequência de 2,45 GHz, onde temos aplicações de diversos sistemas de comunicação sem fio (sem a necessidade de adquirir uma licença para testes), visando posterior aplicação com dispositivos móveis de terceira e quarta geração, 3G e 4G LTE (OLIVEIRA, 2008), (MANDAL, 2013). Os resultados numéricos desta antena foram obtidos pelo *software* comercial *Ansoft DesignerTM* que

implementa o método numérico de onda completa dos momentos na análise e caracterização do dispositivo proposto. Um protótipo da antena proposta foi construído e medido em um analisador de rede vetorial com o intuito de validar o modelo teórico proposto. Este trabalho se encontra organizado da seguinte forma: A Seção II descreve a estrutura da antena proposta. Resultados simulados e experimentais são apresentados na Seção III. A seção IV apresenta as conclusões desse artigo.

2 ESTRUTURA DA ANTENA BIOINSPIRADA PROPOSTA

A priori, seguindo o modelo de um trevo de três folhas denominado cientificamente por *Trifolium* (tri = três e folium = folha), foi construída uma antena de microfita (inspirada na natureza) devido as suas características de baixo custo e fácil manipulação para o desenvolvimento do projeto. O material utilizado foi uma placa de fibra de vidro (FR4) com permissividade elétrica de 4,4 e espessura do dielétrico de 1,5 mm segundo o *datasheet* (especificações) do fabricante. 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 estrutura característica da antena proposta está ilustrada na Figura 1, com suas dimensões especificadas em milímetros. Uma foto ilustrativa do *software Ansoft DesignerTM*, utilizado como metodologia adotada na modelagem numérica desse dispositivo pode ser visualizada na Figura 2.

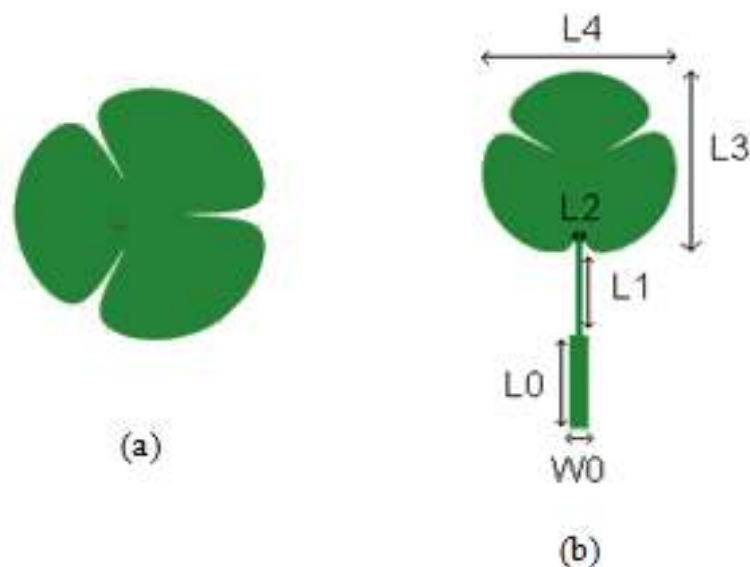


Figura 1 – Antena bioinspirada proposta: (a) elemento irradiante (folha) e (b) antena projetada baseado no trevo de três folhas.

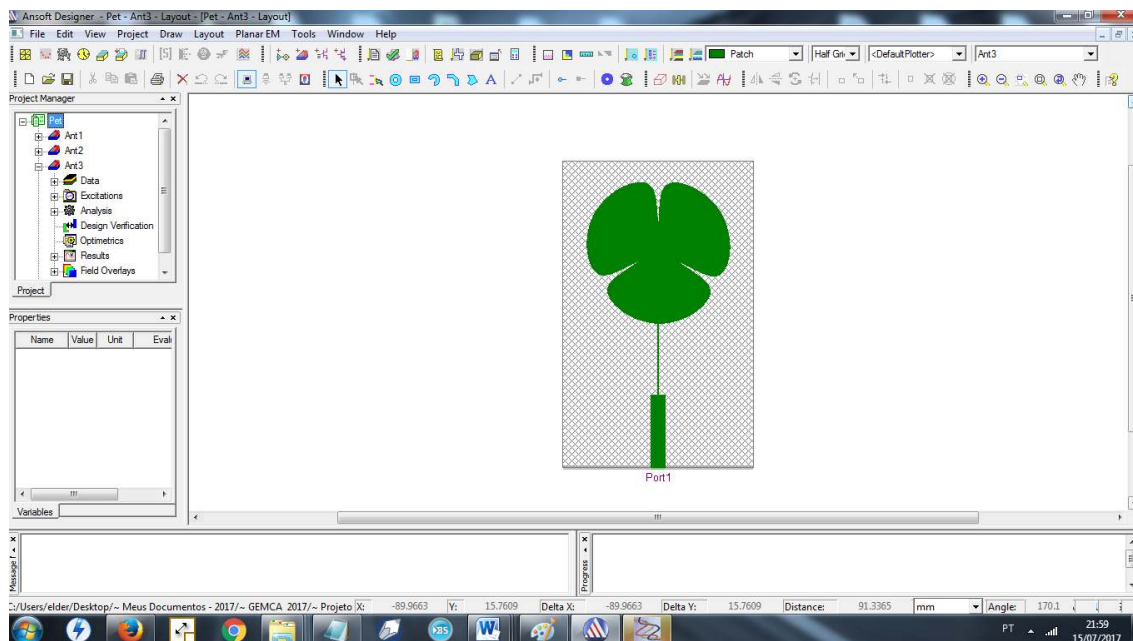


Figura 2 – Interface gráfica do *software Ansoft Designer* utilizado na modelagem da antena bioinspirada proposta.

O processo de alimentação da antena foi realizado por uma linha de microfita com comprimento de onda $\lambda / 4$. Este método tem como vantagem a simplicidade de produção e promove uma boa percepção física do procedimento, além de facilitar o casamento de impedância da estrutura (BALANIS, 1997). O método utilizado para dimensionamento da antena baseada em um trevo de três folhas e resolução do comprimento e largura utilizados no projeto foi puramente empírico, com distintos experimentos para ajustar à faixa de frequência desejada de 2,45 GHz.

Um condutor coaxial de 50Ω interligado a um conector SMA estimula a linha de alimentação, dessa forma alimentando o patch irradiante (pétala da folha). A maior parte das aplicações WiFi utilizam as faixas de 2,4 GHz e de 5,0 GHz. A frequência de ressonância da antena proposta foi para a banda ISM em 2,45 GHz. Os parâmetros da antena proposta são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Dimensões da antena bioinspirada proposta

Parâmetros	Valores
h	1,5 mm
L0	14,6 mm
L1	14,6 mm
L2	1,05 mm
L3	28,8 mm
L4	28,8 mm

3 RESULTADOS DA ANTENA BIOINSPIRADA PROPOSTA

Com o intuito de validar o dispositivo proposto, um protótipo foi desenvolvido e projetado para a frequência de 2,45 GHz, em seguida construído utilizando materiais de baixo custo, como apresentado na Figura 3. Os resultados obtidos foram simulados no *software* comercial *Ansoft DesignerTM* (ver Figura 2) que implementa o método numérico de onda completa na análise precisa do comportamento eletromagnético da antena projetada. Resultados experimentais foram obtidos por um analisador de rede vetorial modelo S5071C da *Agilent Technologies*.



Figura 3 – Protótipo da antena bioinspirada no trevo de três folhas construído.

Diversos parâmetros eletromagnéticos do dispositivo proposto foram analisados, tais como: Frequência de ressonância (Fr), Perda de retorno (RL), Largura de banda (BW), largura de banda percentual ($BW\%$) e coeficiente de onda estacionária ($VSWR$), todos obtidos pelo analisador de rede vetorial supracitado.

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 em -10 dB é dado por:

$$BW = Fr_{(\text{final em dB})} - Fr_{(\text{inicial em dB})} \quad (1)$$

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. Na qual, a perda de retorno é obtida através do coeficiente de reflexão da tensão (S_{11}), dado por:

$$RL = 20 \times \text{Log}|S_{11}| \quad (2)$$

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 nessa linha, e é dado pela Equação 3.

$$VSWR = (1 + |\rho|) / (1 - |\rho|) \quad (3)$$

Onde, o parâmetro ρ é o coeficiente de reflexão.

O primeiro resultado é mostrado na Figura 4 para a perda de retorno em função da frequência para a antena proposta. Do resultado apresentado, podemos constatar um excelente resultado de perda de retorno para essa antena (onde o mínimo exigido para funcionamento é de -10 dB), com perdas de retorno abaixo de -40 dB para ambos os resultados simulado e medido, isso caracteriza um bom casamento de impedância para essa estrutura com máxima transmissão de energia ao patch irradiante, conforme medição na carta de Smith (ver Figura 5), com o valor de impedância medido de $49,95 \Omega$ ficando muito próximo dos 50Ω desejados.

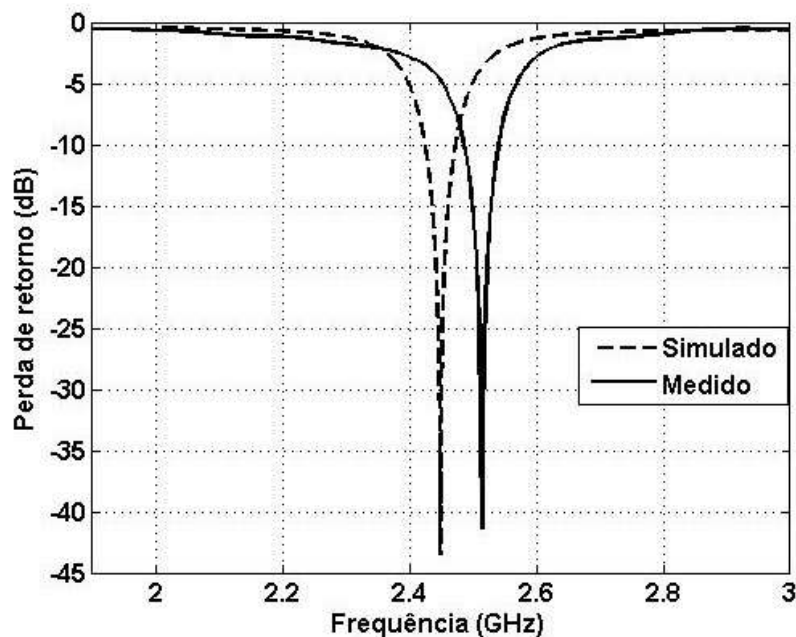


Figura 4 – Resultado medido e simulado da perda de retorno para a antena proposta.

Porém, ocorreu alguma diferença na frequência de ressonância dos resultados apresentados, fato esse que pode ser atribuído ao processo de construção da antena, bem como as condições não ideais do *setup* de medição do protótipo analisado. Mesmo com essa pequena diferença entre as frequências de ressonância medida e simulada em torno da frequência central de projeto (2,45 GHz) o erro estimado foi de 2,5%, considerado pequeno dentro das especificações de projeto.

A antena ainda apresentou uma largura de banda (BW) de 60 MHz para ambos os resultados, medido e simulado respectivamente, com total concordância entre os valores aferidos.

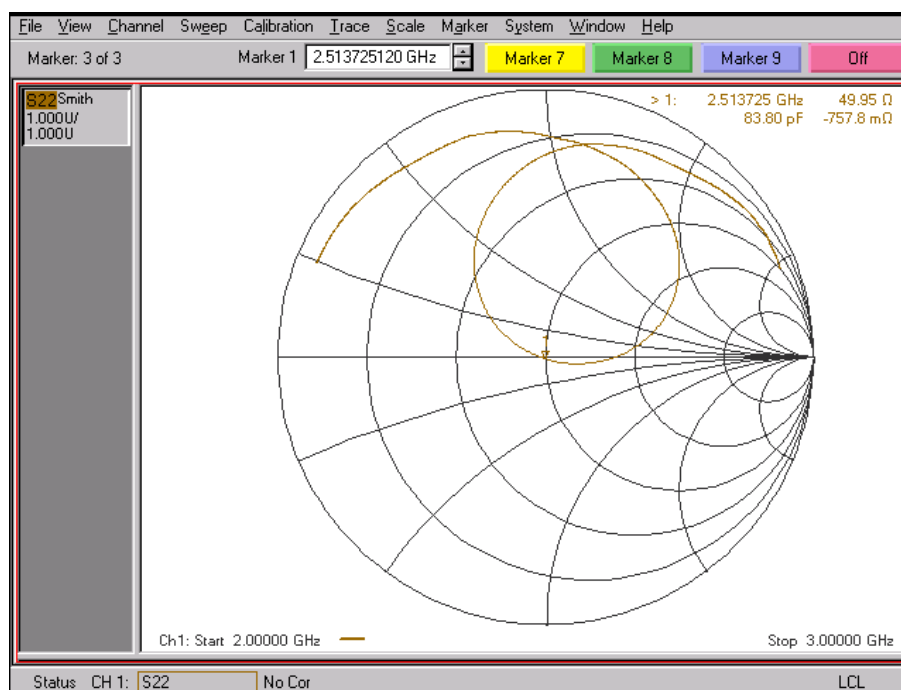


Figura 5 – Impedância medida na carta de Smith para a antena bioinspirada proposta.

O resultado experimental da curva do coeficiente de onda estacionária (VSWR) é mostrado na Figura 6, e indica um valor de 1,02. O resultado se mostrou excelente e em virtude de está bem abaixo da condição limite para um bom funcionamento da antena, que corresponde a um VSWR igual a 2. Os resultados para esse projeto de antena se encontram resumidos na Tabela 2. Os diagramas de radiação 2D (plano H) e 3D para a antena patch bioinspirada no trevo de 3 folhas são mostrados nas Figura 7 e Figura 8 respectivamente. Em que, é possível observar um diagrama bem comportado, com tendência direcional, a priori sem nenhuma deformação. Também na Figura 7 é possível observar que a antena apresentou em seu diagrama de irradiação uma largura de feixe de meia potência (HPBW) de 112° com uma relação frente-costa em magnitude de aproximadamente 15,83. Isso para uma irradiação no plano H e na frequência de ressonância de 2,45 GHz.

Tabela 2 – Resultados medidos e simulados para a antena bioinspirada proposta

Resultados	Simulado	Medido
Frequência de ressonância (Fr)	2,45 GHz	2,51 GHz
Perda de Retorno (RL)	-43,5 dB	-41,5 dB
Coefficiente de onda estacionária (VSWR)	1,04	1,05
Largura de banda (BW)	60,0 MHz	60,0 MHz
Largura de banda percentual (BW%)	2,45%	2,45%
Impedância de Entrada	–	49,95 Ω

Pelo diagrama de radiação 3D é possível constatar um ganho diretivo para a antena, a priori sem deformações no seu formato e com aproximadamente um ganho de 6,1 dB na região de campo distante (região de Fraunhofer).

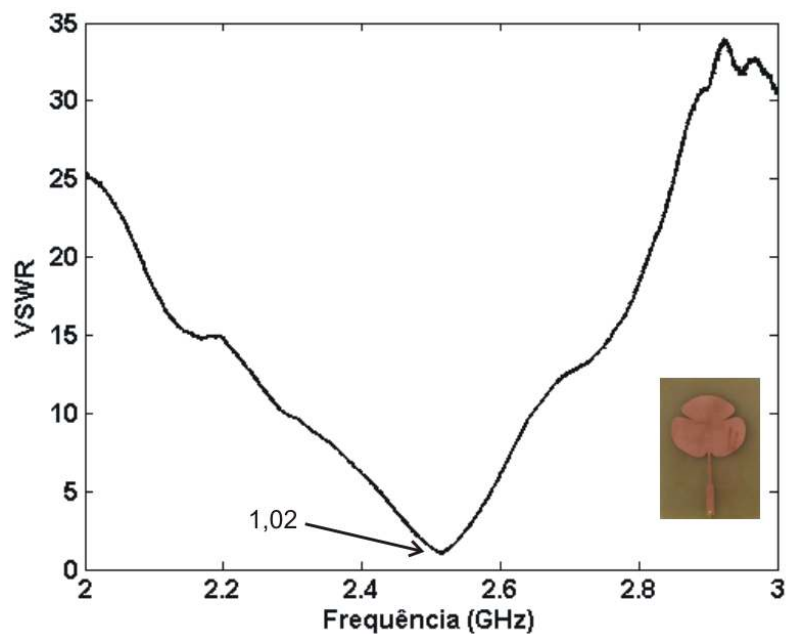


Figura 6 – Resultado experimental de VSWR para a antena proposta.

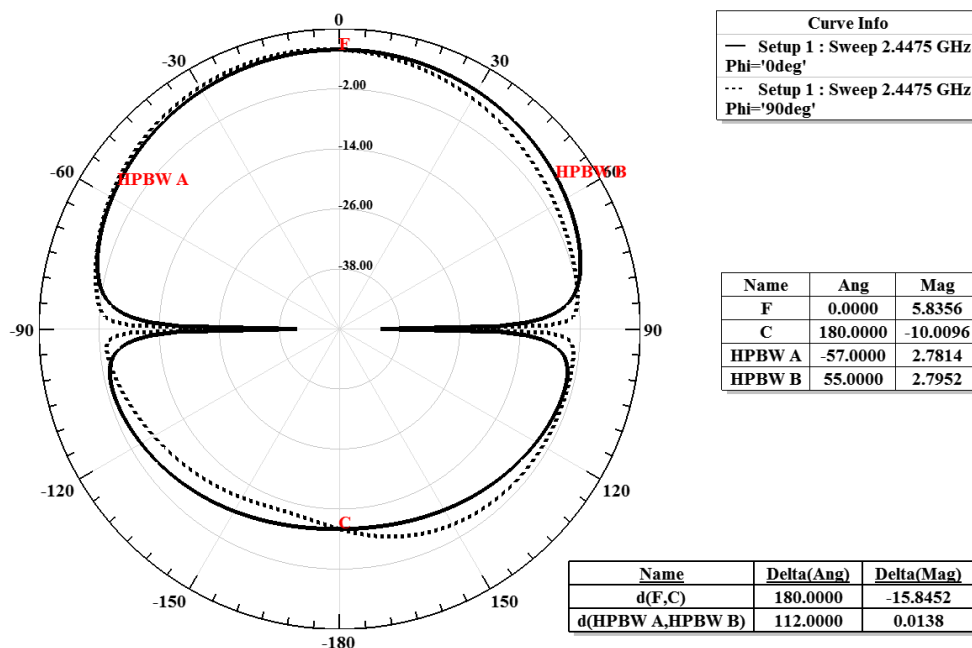


Figura 7 - Diagrama de radiação 2D (plano H) para a antena patch bioinspirada no trevo de 3 folhas.

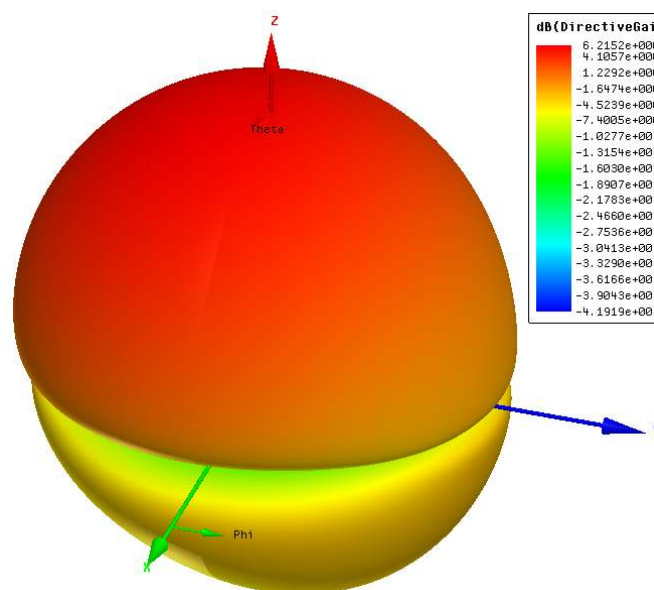


Figura 8 - Diagrama de radiação 3D (plano H) para a antena patch bioinspirada no trevo de 3 folhas.

A Figura 9 mostra a distribuição de corrente no patch irradiante com formato de trevo de três folhas. Observa-se como a corrente trafega no patch irradiante, onde podemos constatar um fluxo maior de corrente nas duas seções da linha de alimentação, bem como na reentrância da pétala do elemento patch. Essa reentrância (representa em tons mais avermelhados na Figura 9) é o setor do elemento patch na qual denominamos

de margens de irradiação, ou seja, a parte responsável para irradiação da energia pelo patch em formato de trevo de três folhas.

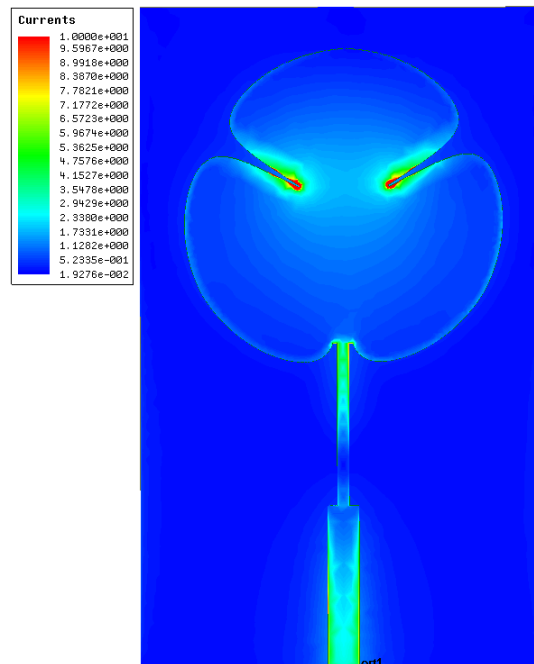


Figura 9 - Distribuição de corrente na antena bioinspirada no trevo de três folhas.

4 CONCLUSÃO

Nesse artigo foi proposta uma antena de microfita baseado na natureza, bioinspirada em um trevo de três folhas, projetado para a banda de frequência de 2,45 GHz, onde temos aplicações IEEE 802.11 b/g/n, mais conhecido pela denominação de WiFi. A antena apresentou uma boa concordância entre os resultados numérico e experimental, o que valida o projeto proposto. Essa antena apresentou ainda uma boa característica de radiação, a priori sem deformação e com características direcionais, conforme observado pelos diagramas de radiação das estruturas analisadas, com baixa perda de retorno para ambos os resultados, numérico e experimental.

O protótipo projetado validou o modelo teórico simulado através de experimentos e medições nos parâmetros S da antena, o que a torna uma boa candidata a aplicações que requeiram baixo perfil, a um custo baixo e sem perda de desempenho para aplicações em alta frequência, mais precisamente na faixa das micro-ondas.

Para trabalhos futuros, pretendemos investigar novas estruturas de antenas bioinspiradas na natureza, aliado a outras técnicas de excitação de antenas, visando sempre aplicações em sistemas de comunicação sem fio de faixa de frequência das micro-ondas.

AGRADECIMENTOS

Os autores do trabalho agradecem ao Grupo de Eletromagnetismo e Matemática Computacional Aplicada (GEMCA) e a Universidade Estadual da Paraíba - UEPB.

REFERÊNCIAS

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

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

WONG, K. L., **Compact and broadband microstrip antennas**, New York, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2002.

AHMED, M. H. and **SEBAK**, A. R. **A NOVEL MAPLE-LEAF SHAPED UWB ANTENNA WITH A 5.0-6.0 GHz BAND-NOTCH CHARACTERISTIC**. Progress In Electromagnetics Research C, 2010, 39 P.

OLIVEIRA, Elder, **Antenas de microfita com patch quase-fractal para aplicações em redes WPAN/WLAN**, Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

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