

PESQUISA E PROJETO DE UMA ANTENA CONCEITUAL DIRETIVA COM ARRANJO DUPLO DE PATCHES PARA APLICAÇÕES EM WI-FI COM FREQUÊNCIAS DE 2.4 GHZ E 5.0 GHZ

João Pedro de Sá Moreira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), Cubatão, SP, Brasil

Ana Carolina de Lima Angelo

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), Cubatão, SP, Brasil

Matheus Coelho de Oliveira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), Cubatão, SP, Brasil

Matheus Neri dos Reis

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), Cubatão, SP, Brasil

Islane Bahiano Menezes dos Santos

Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, SP, Brasil

João Francisco Justo

Doutor, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, SP, Brasil

Alexandre Maniçoba de Oliveira

Doutor, Laboratório Maxwell, IFSP, Cubatão, SP, Brasil

Resumo: O setor de comunicação tem crescido expressivamente nas últimas décadas, a utilização de antenas de Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) tem facilitado a proliferação de dados, com isto espera-se encontrar tais dispositivos com baixo custo e mobilidade, que opere com eficiência nas frequências Wi-Fi. No entanto, nem todas têm essa flexibilidade na captação de sinais, o que representa um obstáculo para o contínuo avanço proporcionado pela tecnologia comunicacional. O artigo apresentado tem como estudo o desenvolvimento de uma antena Wi-Fi Dual Band utilizando o modelo de antena patch planar que possui baixo custo de fabricação, design simples e leveza, objetivando a propagação em ambas as frequências de 2.4 GHz e 5.0 GHz de forma diretiva. A antena foi projetada com um software de simulação para altas frequências, construída e testada. Foram constatados resultados positivos em relação aos objetivos propostos.

Palavras-chave: Antena Patch. *Dual Band*. Wi-fi.

Abstract: The communication industry has grown significantly in the last decades, the use of Wi-Fi antennas (Wireless Fidelity) has facilitated the proliferation of data, with this it is expected to find such devices with low cost and mobility, that operates with efficiency in the frequencies of Wi-Fi. However, not all of them have this flexibility in signal collection, which is an obstacle to the continuous advancement provided by communication technology. The present article studies the development of a Dual Band Wi-Fi antenna using the planar patch antenna model, which has low manufacturing cost, simple design and light weight, aiming the propagation in both 2.4 GHz and 5.0 GHz frequencies directly. The antenna was designed with high frequency simulation software, built and tested. The tests returned positive results when related to the proposed objectives.

Keywords: Patch Antenna. Dual Band. Wi-fi.

INTRODUÇÃO

Com a popularização da internet, em meados da década de 90, a sociedade aderiu à conectividade de tal forma que hoje em dia não se pode imaginar um mundo sem o acesso à internet. Isto ocorre, pois, coisas como a velocidade do acesso a informação ou ao contato com qualquer outra pessoa onde quer que ela esteja foram aprimoradas e evoluíram em uma taxa exponencial. Não obstante, o acesso à internet foi substituindo gradualmente práticas e padrões que a sociedade pré década de 90 possuía. Hábitos como escrever cartas à mão, ler livros de papel ou esperar em filas de bancos, foram ou estão sendo substituídos gradualmente graças ao avanço dominante da conectividade à internet.

Em pleno Século XXI, os avanços na área da internet tratam de forma ampla a conectividade sem fio. A possibilidade de acessar a internet sem a necessidade de conexões físicas através de cabos é algo muito requisitado, pois, reduz custos, facilita a implementação de sistemas e permite um maior número de usuários conectados a uma rede de forma rápida. Com base nestes objetivos, os primeiros estudos sobre a tecnologia Wi-Fi surgiram no final da década de 90.

O termo Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) refere-se ao conjunto de padrões 802.11 especificados pela *IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)* para redes

locais. Os padrões foram lançados em sua primeira versão em 1997 e com o passar dos anos foram sofrendo atualizações no que diz respeito a taxa de velocidade de transmissão e frequências de operação possíveis. Tais padrões definem as normas para implementação e uso de redes que funcionam com base em transmissão de pacotes de informações através de radiofrequência.

Conexões via Wi-Fi permitem uma comunicação sem fio entre computadores e outros aparelhos portáteis por meio de *access points* por uma distância de dezenas de metros, formando uma WLAN (*Wireless Local Area Network*) (CHEN, 2012). Utilizando a tecnologia Wi-Fi torna-se possível desempenhar os objetivos antes apresentados, pois permite a implementação de redes de forma flexível ao diminuir a necessidade de cabos, o que reduz o custo, e torna o acesso de novos dispositivos a rede muito mais fácil. Essas vantagens tornam o uso do Wi-Fi presente também em sistemas de posicionamento interno, onde o GPS (*Global Positioning System*) falha (SHAH ; SHAH,2012).

A tecnologia Wi-Fi torna-se útil em diversas situações diferentes. A sua implementação em pontos de acesso rápido, os chamados *hotspots*, permite por exemplo, um ponto de comunicação com qualquer outra pessoa via internet em situações de desastres, visando informar alguém em busca de ajuda ou certificar familiares de que a sua situação está segura. Estes *hotspots* podem auxiliar também em questões como educação, ao promover acesso à internet em ambientes voltados para o estudo, ou até mesmo para o turismo. O Wi-Fi torna a vida nas cidades mais integrada e eficiente, pois, é notável que promover acesso à internet para os cidadãos torna o dia-a-dia muito dinâmico. Este tipo de prática já é implementado em certas partes de Copacabana no Rio de Janeiro. Em Hong Kong algo semelhante acontece pelo programa *GovWifi* (PRADO ; SANTOS, 2014). Sabe-se que a utilização de redes sem fio tem crescido fortemente ao longo dos anos com tendências que surgem apoiando-se na utilização desta tecnologia, como o fenômeno tecnológico *Internet of Things (IoT)*.

Devido às características dos diagramas de radiação de campo distante, formado pelas antenas, deve-se levar em consideração qual é sua forma de propagação característica, de modo que seu sinal seja melhor aproveitado ao

implementar um *hotspot* Wi-Fi, seja em ambiente público ou doméstico. Pode não ser interessante utilizar uma antena omnidirecional (que propaga em todas as direções) em ambientes fechados, caso o *access point* seja instalado em alguma área próxima das paredes limites do ambiente, pois parte do sinal ficaria concentrada do lado de fora, o que pode significar permitir o acesso à rede por terceiros não autorizados.

Dada essa problemática este projeto propõe como objetivo geral a criação de uma antena diretiva com tecnologia patch *dual band*, para aplicações em frequências de Wi-Fi, a saber, 2.4 GHz e 5.0 GHz, utilizando como objetivos específicos, levantamentos teóricos sobre artigos de alto fator de impacto, aprendizagem em softwares específicos para a simulação e familiarização com a técnica de construção de uma antena patch.

É apresentado na seção Fundamentação Teórica um compilado com toda a teoria necessária para o entendimento do projeto, seguida da seção Desenvolvimento com todo o processo, simulação e construção da antena. Na seção Testes e Resultados é apresentado o roteiro de testes, assim como os resultados obtidos, por último, em Conclusões os resultados são comentados e o projeto concluído.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os meios de comunicação têm papel fundamental na evolução do ser humano, com o avanço da tecnologia novos sistemas foram criados permitindo diminuição dos aparelhos de comunicação graças a implementação em circuitos impressos, o que também impacta na leveza e mobilidade. Com o advento da transmissão de sinais por ondas eletromagnéticas ocorreu um grande avanço no ramo das telecomunicações, entre eles, o sistema de comunicação *wireless* (comunicação sem fio), que desempenha um papel fundamental na troca de informações.

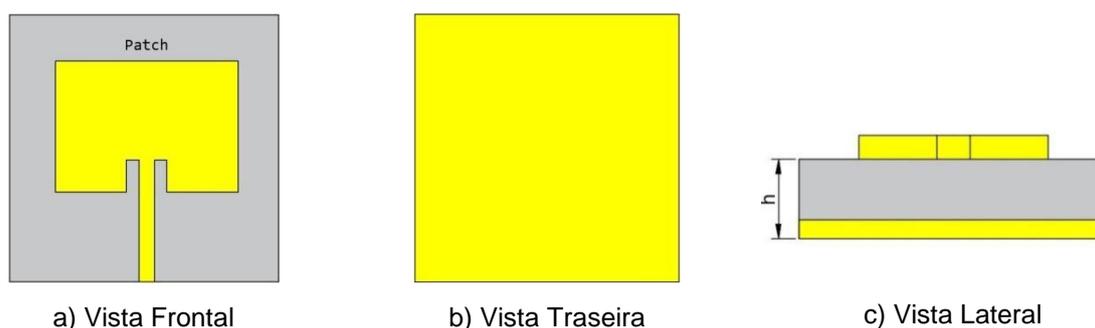
As antenas tratam-se de estruturas metálicas que irradiam e recebem ondas eletromagnéticas pelo espaço livre (BALANIS, 1997). De forma básica, antenas são componentes que propiciam adequadamente a transmissão e recepção de ondas eletromagnéticas, servindo como um dispositivo “casador” de impedâncias entre a impedância característica do ar e a sua própria.

Um tipo de antena que vem sendo bastante utilizado em trabalhos recentes é a antena de microlinha (*microstrip*) do tipo *patch* que apresenta características como baixo custo, fácil fabricação e customização. Os estudos modernos a respeito de circuitos elétricos de alta frequência podem tirar proveito destas propriedades em projetos que envolvam a transmissão e recepção de dados via *wireless*. O sistema de microlinha para transmissão é um dos mais utilizados em micro-ondas, onde sua versatilidade é a maior vantagem, sendo amplamente usado em radares, aeronaves, comunicação via satélite, *GPS*, entre outros segmentos (BETOVEN, 2014).

A Figura 1 apresenta um design básico e genérico de uma antena *patch* de microlinha. Esta consiste em uma placa de substrato de um material dielétrico onde um dos lados é totalmente composto por material condutor (cobre, em geral), e é chamado de plano terra (item b), e no outro lado do substrato fica localizado o elemento irradiador, *patch* (item a), que pode possuir geometrias variadas, e possui uma microlinha de impedância característica (no geral 50Ω) conectada em uma das bordas.

No exemplo apresentado na figura nota-se que a microlinha adentra em parte no *patch* antes de efetivamente se conectar a ele, esta técnica é denominada de *inset feed*, é utilizada para realizar o casamento de impedâncias entre a microlinha e o *patch*.

Figura 1 – Geometria geral de uma antena *patch* genérica



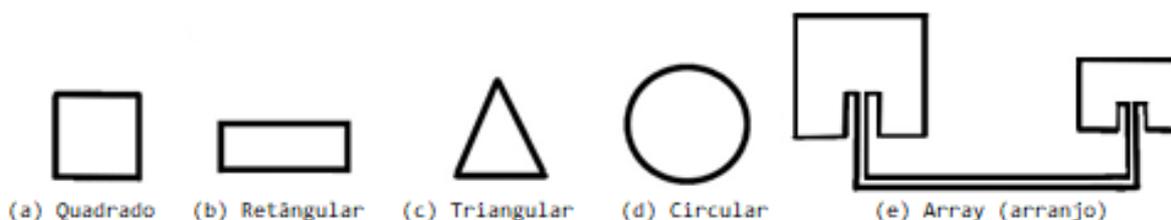
Fonte: Autores (2018)

Projetar uma antena deste tipo consiste em determinar as suas dimensões (comprimento e largura do *patch*, comprimento, largura, altura e material do substrato)

e características elétricas (constante dielétrica e tipo de alimentação). Tais parâmetros determinam o comportamento da antena, como a frequência em que irá ressoar.

As diferentes formas geométricas de uma antena *patch* são demonstradas na Figura 2.

Figura 2 – Diferentes possibilidades de geométricas para antenas do tipo *patch*



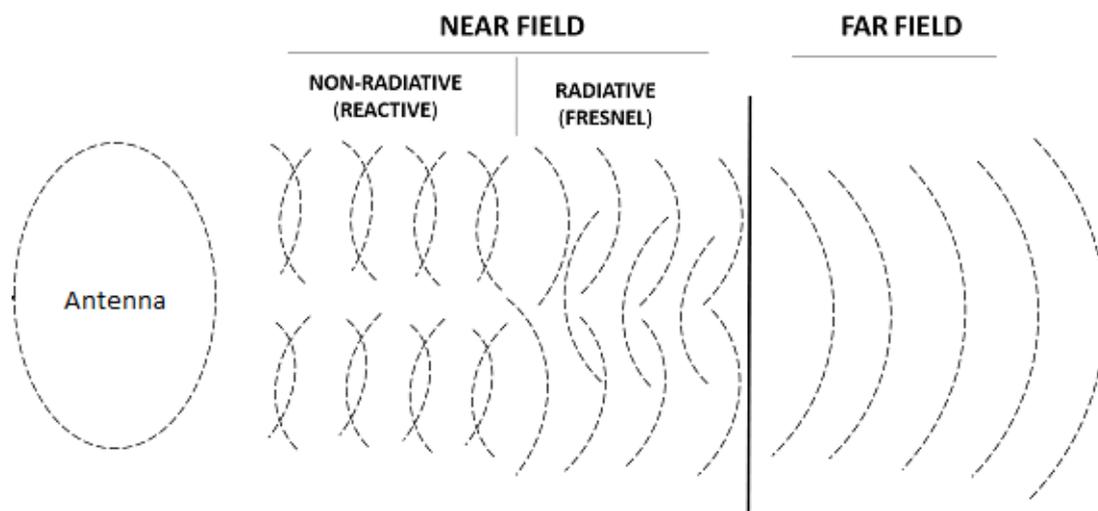
Fonte: Autores (2018)

Com uma geometria adequada, garante-se redução no tamanho físico, e alteração em seu comportamento em multi-banda, que pode ser o almejado no mercado *wireless*. Um sistema de radiofrequência funcionando em ambas as frequências de Wi-Fi requer uma antena compacta de banda dupla (KHALEGHI; AZOULAY; BOLOMEY; 2005). O modelo da antena da Figura 2 (correspondente ao item e) foi utilizado para construção da antena proposta. A figura demonstra um arranjo de *patches* com a finalidade de alcançar melhores resultados, do que aqueles que se obteriam com um único *patch*.

Para a análise da antena proposta, os parâmetros levados em consideração foram os diagramas de radiação de campo distante (*farfield*) e o parâmetro S_{11} .

No diagrama de radiação é possível observar a dependência angular da intensidade do sinal da antena. O *farfield* é a região afastada da antena que possui campos elétricos e magnéticos estáveis perpendiculares entre si, promovendo uma boa e uniforme propagação do sinal, o que a torna adequada para realizar medições de ganho (BALANIS, 1997). O diagrama de radiação de uma antena geralmente é montado com os dados do *farfield*. Em contrapartida, existe o campo próximo (*nearfield*), que é uma região próxima a antena onde as ondas eletromagnéticas apresentam caráter complexo e desordenado. Na Figura 3, é possível ver uma representação lúdica de ambas as regiões.

Figura 3 – Exemplo lúdico da diferença entre as disposições de ondas eletromagnéticas no *nearfield* e no *farfield*



Fonte: EverythingRF (2018)

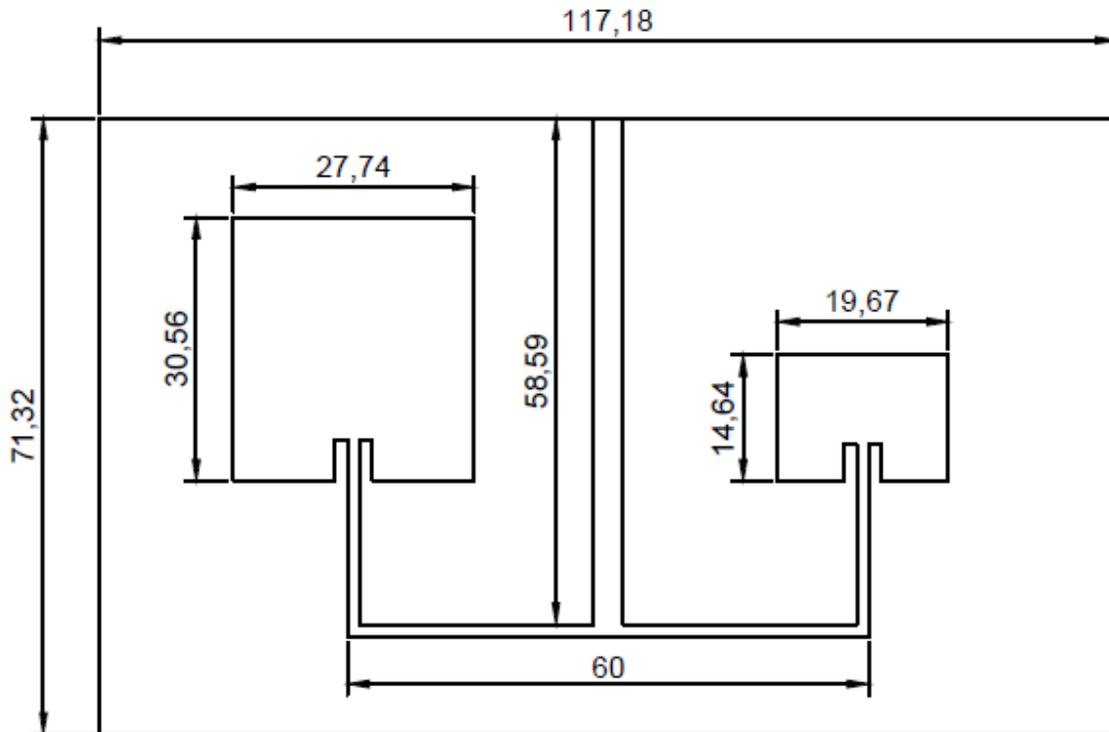
O S_{11} também denominado de coeficiente de reflexão é um dos parâmetros S (*Scattering Parameters*) que são utilizados para descrever como um sistema se comporta em relação à propagação de sinais em alta frequência, representando de forma precisa as características de incidência, transmissão ou reflexão (POZAR, 2012). O S_{11} faz referência à energia refletida da antena, também conhecido como perda de retorno, é medido em dB. Costuma-se tomar como referência mínima, um S_{11} menor que -10 dB.

DESENVOLVIMENTO

Para o início desse trabalho foi realizada a pesquisa bibliográfica e leitura de artigos específicos, seguidos de diálogos para esclarecimento quanto à realização da produção da antena que proporcionaram entendimento e fundamentaram sua construção.

A antena foi projetada de modo que o patch maior propicie a melhor propagação na frequência de 2.4 GHz, enquanto o menor propaga numa frequência de quase o dobro da anterior, sendo 5.0 GHz. Na Figura 4 é apresentado o modelo esquemático da antena proposta com todas as medidas em milímetros.

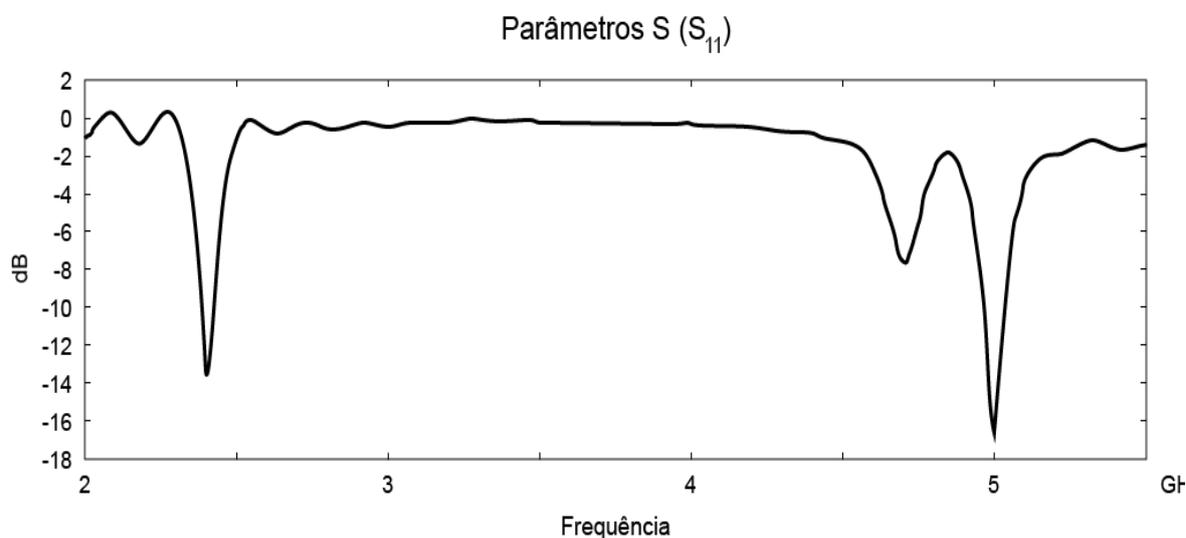
Figura 4 – Modelo esquemático dimensionando a antena proposta



Fonte: Autores (2018)

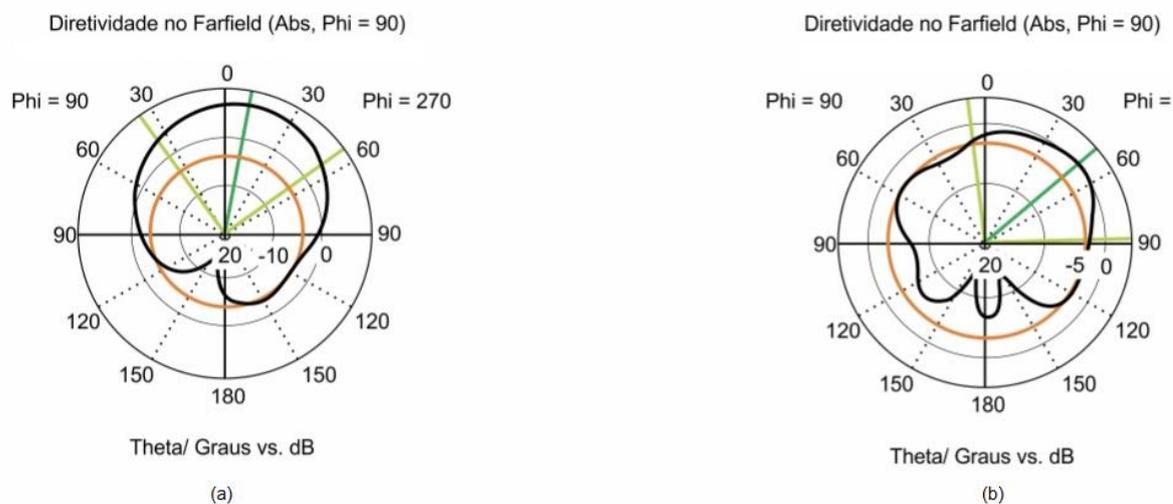
A etapa seguinte consistiu em testes com o modelo projetado, buscando-se analisar o parâmetro S_{11} e o diagrama de radiação do *farfield*. Na Figura 5 é apresentado o S_{11} obtido, nota-se que há uma resposta abaixo de -10 dB para frequências próximas de 2.4 GHz e 5.0 GHz. Na Figura 6, são apresentados os diagramas de radiação *farfield* para 2.4 GHz e 5.0 GHz.

Figura 5 – Retorno do parâmetro S_{11} da antenna proposta



Fonte: Autores (2018)

Figura 6 – Retorno do diagrama de radiação de *farfield* para frequências de 2.4 GHz (a) e 5.0 GHz. (b)

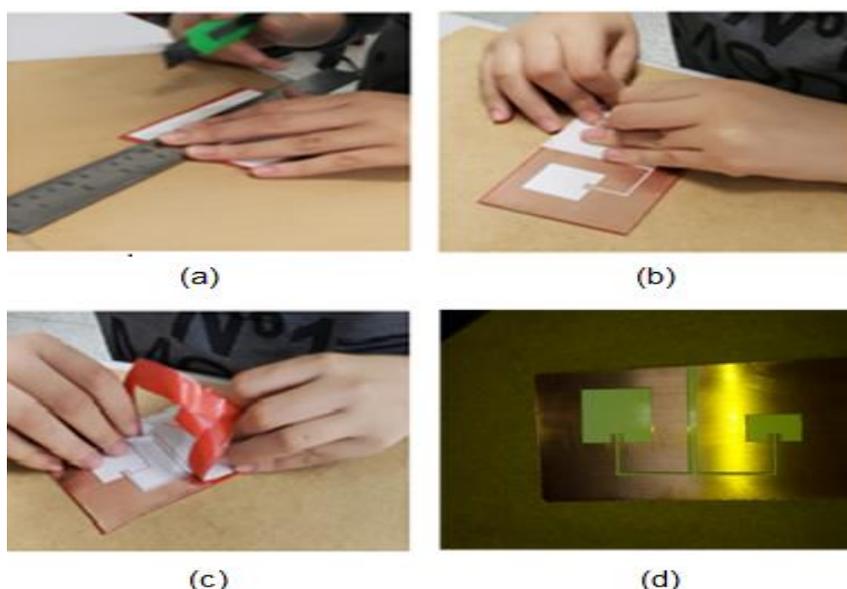


Fonte: Autores (2018)

Após os resultados obtidos, o próximo passo foi realizar a construção da antenna. O material para o substrato utilizado foi uma placa de FR-4, com constante dielétrica considerada de 4.1. O processo de construção iniciou-se com o layout da antenna sendo passado para um software CAD e impresso em tamanho real em um

papel adesivo. A placa foi cortada de acordo com o tamanho do molde projetado. Após isto, colou-se papel contact em ambos os lados da placa cortada, criando-se uma primeira máscara de proteção para o cobre. Em um dos lados, colou-se o papel adesivo com a forma da antena por cima do contact. Com essas etapas concluídas, cortou-se com um estilete todo o desenho das microlinhas e dos *patches*, formando o layout conforme projetado (Figura 7).

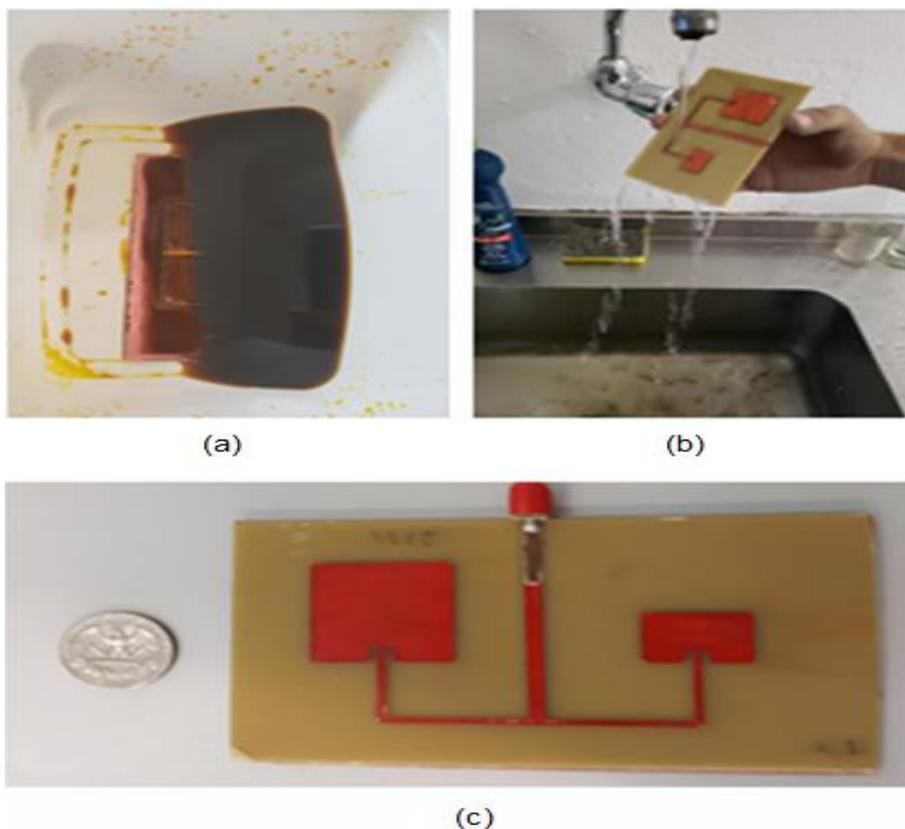
Figura 7 – Processo de corte do molde na placa de FR-4 utilizando régua e estilete (a) – (c) e placa pronta para receber o ataque químico (d).



Fonte: Autores (2018)

Após o corte do molde, o passo seguinte foi o ataque químico na placa. Para isto, foi utilizada uma solução de Percloroeto de Ferro, empregada de forma a corroer o cobre de todas as partes não protegidas pela máscara. O processo de corrosão demorou cerca de 30 minutos, com a necessidade de uma lavagem com água corrente para interromper a reação no final (Figura 8).

Figura 8 – Ataque químico na placa da antena (a), lavagem (b) e resultado (c)



Fonte: Autores (2018)

TESTES E RESULTADOS

O primeiro teste realizado consistiu em comparar as características diretivas da antena e também seu ganho com as de uma antena omnidirecional. O ideal é que a antena proposta propague de forma diretiva, de modo a concentrar a maior parte do sinal em uma direção. Para realizá-lo foi utilizado um roteador Aquario APB-2410 de frequência 2.4 GHz e um aplicativo para Android chamado *Wi-Fi Signal Strength* que mede a intensidade do sinal de Wi-Fi e o transforma em porcentagem. O local escolhido para realizar os testes foi o próprio Campus Cubatão, posicionando o roteador na intersecção de 3 corredores. A antena foi posicionada virada em direção a um dos corredores, foram feitas aferições da porcentagem de intensidade no fim de

cada corredor. Após isto, a antena foi substituída pela antena omnidirecional e as mesmas aferições foram feitas. A Tabela 1 apresenta as aferições obtidas com a antena omnidirecional, e a antena proposta.

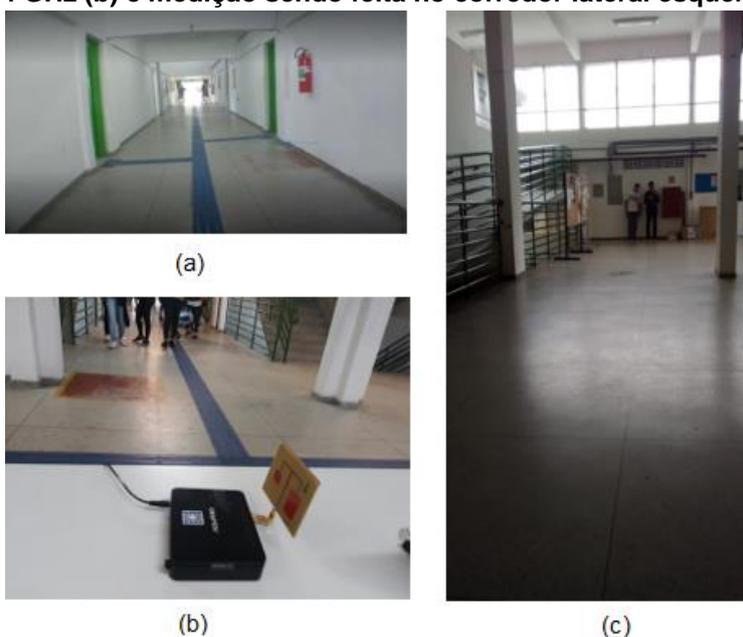
Tabela 1 – Porcentagem de intensidade do sinal de acordo com a distância do *access point*, onde 100% representa a máxima intensidade

Antena	Corredor de frente pra antena	Corredor lateral direito à antena	Corredor traseiro à antena	Corredor lateral esquerdo à antena
Roteador	68%	97%	77%	100%
Patch	68%	78%	47,5%	78%

Fonte: Autores (2018)

No corredor traseiro a antena, as medidas foram menores, denotando a característica diretiva da antena. A antena apresentou intensidade elevada em direção ao corredor lateral, o que apresenta uma característica estrábica, que poderá ser corrigida em atualizações futuras na antena. A Figura 9 mostra a antena no ponto onde foram realizados os testes.

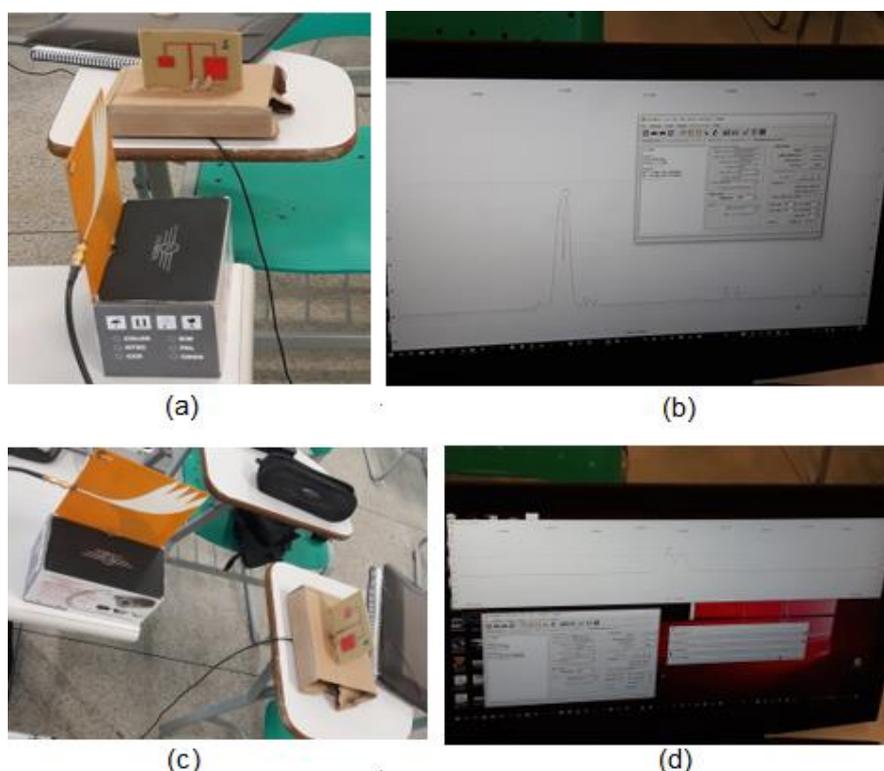
Figura 9 – Corredor frontal (a), centro do saguão com o *access point* operando na frequência de 2.4 GHz (b) e medição sendo feita no corredor lateral esquerdo (c)



Fonte: Autores (2018)

Outro teste realizado foi feito com o auxílio dos equipamentos do Laboratório Maxwell para medição do ganho da antena em dB. Para isso, foi montado um *setup* com a Antena Palm Tree, do tipo Vivaldi (construída com a mesma técnica) (OLIVEIRA et al. 2015) servindo como receptora, e foram realizados testes com um gerador nas frequências de 2.4 GHz e 5.0 GHz. A Figura 10 apresenta o *setup* montado para realizar os testes, e a Tabela 2, apresenta os resultados.

Figura 10 – Setup utilizando antena Vivaldi Palm Tree como receptora e a antena *patch* como transmissora (a) e (c) e medições do ganho via software (b) e (d)



Fonte: Autores (2018)

Tabela 2 – Ganho da antena medido em dB com a *patch* em visada direta pra Palm Tree (Front lobe) e depois virada em 180° (back lobe)

Patch	Front lobe	Back lobe
Antena em 2.4GHz	-3.74 dB	-28.32 dB
Antena em 5.0 GHz	0.72 dB	-20.35 dB

Fonte: Autores (2018)

CONCLUSÃO

Neste artigo foi exposto um pouco sobre a relevância do estudo do eletromagnetismo, que estabelece sua existência através das equações de Maxwell, e é aplicado em um dos fatores mais importantes para a atualidade que é a transmissão de dados via *wireless*, no caso abordado se trata de uma antena de Wi-Fi, presente na maioria de domicílios, empresas, indústrias e instituições de ensino

Ao serem realizados os testes via software, notou-se que a antena ressoava nas duas frequências, a saber, 2.4 GHz e 5.0 GHz, que foram os objetivos iniciais procurados. Ao construir a antena, e mediante a testes, pode-se constatar que a mesma pode propagar ondas eletromagnéticas nas frequências desejadas e de forma diretiva, alcançando mais um objetivo. Embora os ganhos em intensidade medidos não serem muito altos há um incentivo para projetos futuros com foco em otimizar as características da antena, para que ela se torne cada vez mais precisa, uma vez que o baixo custo, a leveza, fácil manuseio e produção permitem que seja vista como comercializável no mercado tecnológico.

REFERÊNCIAS

BALANIS, C. A. **Antenna Theory** - Analysis and Design. 2 ed. New York: John Wiley and Sons, 1997.

BETOVEN, O. **Estudo de Arranjos de Antenas de Microfita com Patch Quase-fractal para comunicação sem fio**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e de Computação) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

CHEN, Z. XIANMING, Q. SHIE PING SEE, T. TOH, W. Antennas for Wi-Fi Connectivity. **Proceedings of the IEEE**, v.100, n.7, p 2322-2329, 2012.

OLIVEIRA, Alexandre Maniçoba et al. A palm tree Antipodal Vivaldi Antenna With Exponential Slot Edge for Improved Radiation Pattern. **IEEE Antenas and Wirelles Propagation Letters**. v. 14. 2015.

POZAR, D. **Microwave Engineering**. 4 ed. New York: John Wiley and Sons, 2011.

SHAH, D.; SHAR. **Wi-Fi Based Positioning System**. 2012.

KHALEGHI; AZOULAY; BOLOMEY. A dual Band Back Coupled Meander line Antenna for Wireless Lan Applications. **IEEE 61st Vehicular Technology Conference**, v.1, p. 226 – 229, 2005.