

Projeto 2 Antena Patch

Disciplina: PSI3482 - Antenas, Micro-ondas e Óptica Moderna

Nome: [Igor Costa Doliveira](#)

NUSP: 11391446

1. INTRODUÇÃO

O circuito escolhido para discussão é um circuito de antena. As antenas são componentes essenciais em vários sistemas de comunicação, incluindo comunicação sem fio, radiodifusão de rádio e comunicação via satélite. Elas são responsáveis por transmitir e receber ondas eletromagnéticas, permitindo a troca de informações pelo espaço aéreo. As antenas vêm em várias formas e configurações, cada uma projetada para aplicações específicas e frequências de operação.

O circuito de antena escolhido é usado para transmitir e receber sinais eletromagnéticos. Seu propósito principal é acoplar eficientemente a energia elétrica de um transmissor para o espaço circundante como ondas eletromagnéticas (antena transmissora) ou capturar ondas eletromagnéticas entrantes e convertê-las em sinais elétricos (antena receptora). As antenas desempenham um papel crucial na viabilização da comunicação sem fio, incluindo telefones celulares, Wi-Fi, TV e radiodifusão, entre muitos outros sistemas de comunicação.

Um circuito de antena geralmente consiste em vários componentes-chave: **Elemento da Antena:** Esta é a estrutura física projetada para irradiar ou capturar ondas eletromagnéticas. Sua geometria e tamanho são ajustados para ressoar em uma frequência específica ou largura de banda. A entrada para o elemento da antena é o sinal elétrico vindo do transmissor ou a onda eletromagnética recebida do ambiente circundante.

Linha de Alimentação: A linha de alimentação conecta o elemento da antena ao transmissor (no caso de uma antena transmissora) ou ao receptor (no caso de uma antena receptora). Ela atua como um conduto para o fluxo de energia elétrica entre a antena e a eletrônica do circuito. **Padrão de Radiação:** As antenas são projetadas para ter padrões de radiação específicos, que descrevem como a energia eletromagnética é distribuída no espaço. O padrão de radiação depende da geometria e da orientação da antena. **Saída de Sinal:** No caso de uma antena transmissora, a saída é a onda eletromagnética irradiada. No caso de uma antena receptora, a saída é um sinal elétrico que carrega informações recebidas da onda eletromagnética entrante.

As vantagens de um circuito de antena específico em relação a outros tipos do mesmo circuito podem variar dependendo da aplicação, do projeto e das condições de operação. Algumas vantagens potenciais podem incluir:

Faixa de Frequência: Certos projetos de antena podem se destacar em faixas de frequência específicas, tornando-os mais adequados para aplicações particulares. Por exemplo, uma antena Yagi-Uda pode ser ideal para recepção direcional em frequências elevadas, enquanto uma antena de loop pode ter melhor desempenho em frequências mais baixas. Direcionalidade: Algumas antenas são altamente direcionais, enquanto outras são omnidirecionais. A escolha depende se é necessário focar o sinal ou receber sinais de várias direções.

Substratos mais espessos podem suportar estruturas de antena maiores, o que pode resultar em maior largura de banda e melhores características de radiação. No entanto, substratos mais espessos também podem aumentar o tamanho e o peso da antena, tornando-a menos prática para determinadas aplicações.

A constante dielétrica do substrato afeta a velocidade das ondas eletromagnéticas no material. Constantes dielétricas mais altas podem resultar em comprimentos de onda reduzidos e dimensões menores da antena, tornando-as adequadas para designs miniaturizados. Constantes dielétricas mais baixas são frequentemente preferidas para antenas de alto ganho, pois permitem estruturas maiores.

2. PROJETO E RESULTADOS

Especificações do circuito:

A antena em questão será uma antena de Patch retangular de 1.5 GHz. O substrato escolhido será o Laminados **FR4**.

– Dimensões:

- t : espessura do metal: 35 μm
- h : espessura do substrato: 1,5 mm
- σ : condutividade do metal do cobre: $4,1\text{e}7$
- ϵ_r : constante dielétrica relativa do substrato: 4,5
- $\text{tg}\delta$: tangente de perdas ou fator de dissipação: 0.019

Frequência de operação	Substrato	ϵ_r	H (mm)	t (μm)	σ_{gold}	$\tan(\delta)$
1.5 GHz	Cu	4,5	1,5	35	$4.1.10^7$	0,019

Figura 1 - Cálculo das dimensões do segmento.

Component
 Type: MLIN ID: MLIN: MLIN_DEFAULT

Substrate Parameters
 ID: MSUB_DEFAULT
 Er: 4.500 N/A
 Mur: 1.000 N/A
 H: 1.500 mm
 Hu: 3.9e+34 mil
 T: 35.000 um
 Cond: 4.1e7 N/A
 TcoD: 0.010 N/A

Component Parameters
 Freq: 1.500 GHz
 Wall1: mil
 Wall2: mil

Physical
 W: 60.300 mm
 L: 13.599900 mm

Synthesize **Analyze**

Electrical
 Z0: 4.217270 Ohm
 E_Eff: 50.922400 deg

Calculated Results
 K_Eff = 4.321
 A_DB = 0.075
 SkinDepth = 0.079

Figura 2 - Cálculo das dimensões do segmento.

Espeçura do substrato	h	1,5 mm
Velocidade da luz	v_0	3,00E+08 m/s
	Er	4,5
Frequência	f_r	1,50 GHz
Largura do patch	W	6,03E-02 60,3 mm
Calculado no Linecalc para W acima	E _{ef}	4,321
Comprimento do patch	L	4,67E-02 46,7 mm
	DL	6,94E-04 0,69 mm
	y0	7,79E-03 7,79 mm
	W	7,01E-02 70,08 mm

Calculated Results
 K_Eff = 6.466
 A_DB = 0.065
 SkinDepth = 0.030

Epsilon ef

Mostrar a parte crítica/importante do projeto (parte mais sensível para ajustar). A parte mais sensível para ajustar é o comprimento, pois ela determina a frequência de trabalho, a impedância que é ajustada pela largura se torna um fator mais fácil de corrigir posteriormente se for necessário. Como estamos com medidas milimétricas a faixa máxima de variação seria de 0,5mm, para que desta forma não varie a frequência de projeto em mais de 5%. Para calcular a porta de entrada da antena (y_0 , W), fazemos: $y_0 = W/6$ e $W = L \cdot 1,5$.

$$R = R_{edge} \cos^2 \left(\frac{\pi x_0}{L} \right)$$

R _{edge}	300 Ω	Simulado
x ₀	17,1 mm	

Ponto de inserção sem casamento de impedâncias. Neste primeiro setup, a alimentação se dá diretamente na borda do circuito. Portanto, não existe nenhuma tentativa de casar a impedância vista por P1 com sua impedância interna de 50 Ω.

Figura 3 - Diagrama no Momentum.

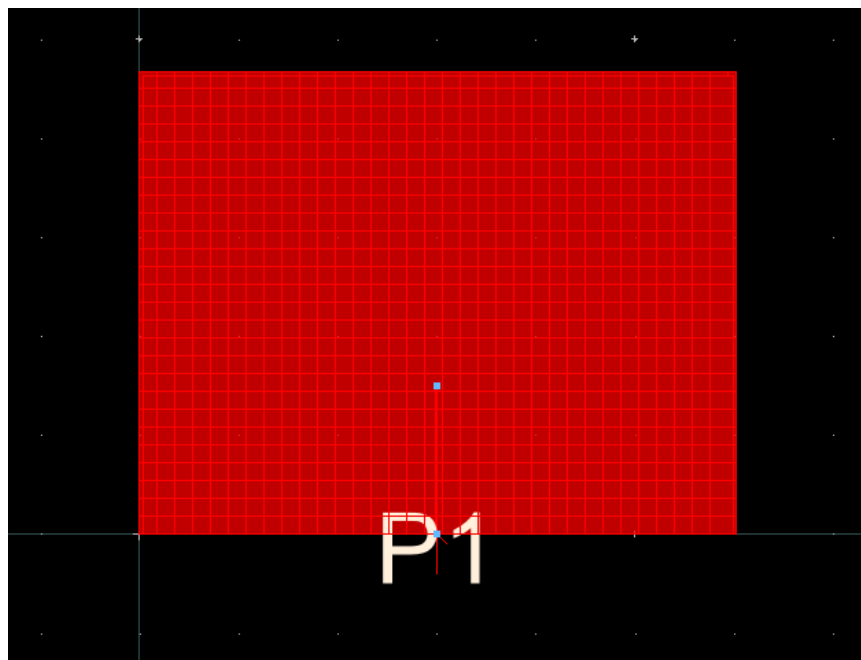
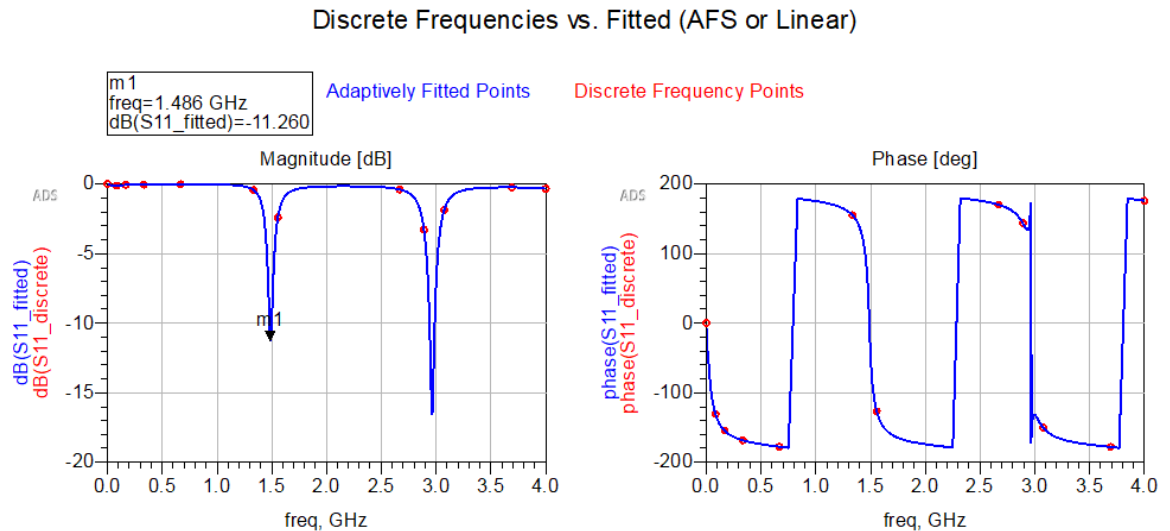


Figura 4 - Resposta dos parâmetros S.



Por um lado, o primeiro mínimo de reflexão ocorre na frequência de projeto (1,5 GHz) como esperado. No entanto, perceber-se-á que, não havendo casamento de impedâncias na entrada, a reflexão nesta frequência é mais alta do que o desejado ($S_{11} = -11,26 \text{ dB} > -20 \text{ dB}$). Isso ficará mais evidente quando o sistema com casamento for apresentado. Ademais, outros mínimos foram observados em frequências próximas de múltiplos inteiros de 1,5 GHz, efeito esperado devido à característica cíclica do comprimento elétrico. A fase também atende a padrões esperados, sendo anulada durante os mínimos do módulo.

Ponto de inserção único no ponto de impedância de entrada casada, simulando entrada de energia por baixo do patch. Neste setup, a entrada de energia se dá em um ponto em que a impedância observada pela porta é igual à sua impedância característica de 50Ω , sem uso do inset feed.

Figura 5 - Impedância de entrada casada.

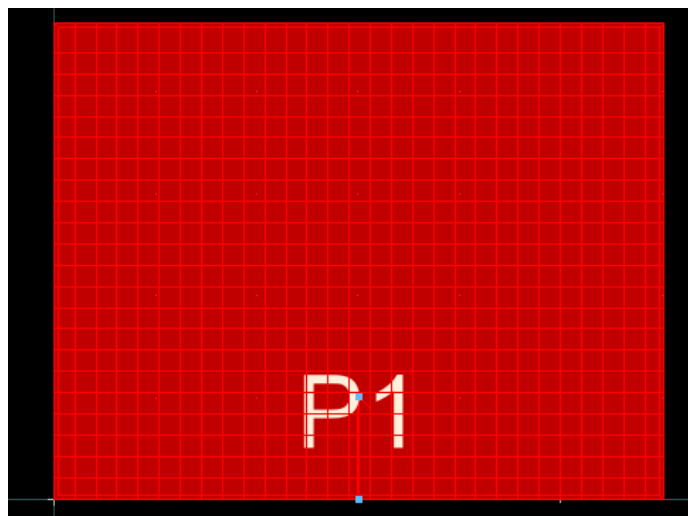
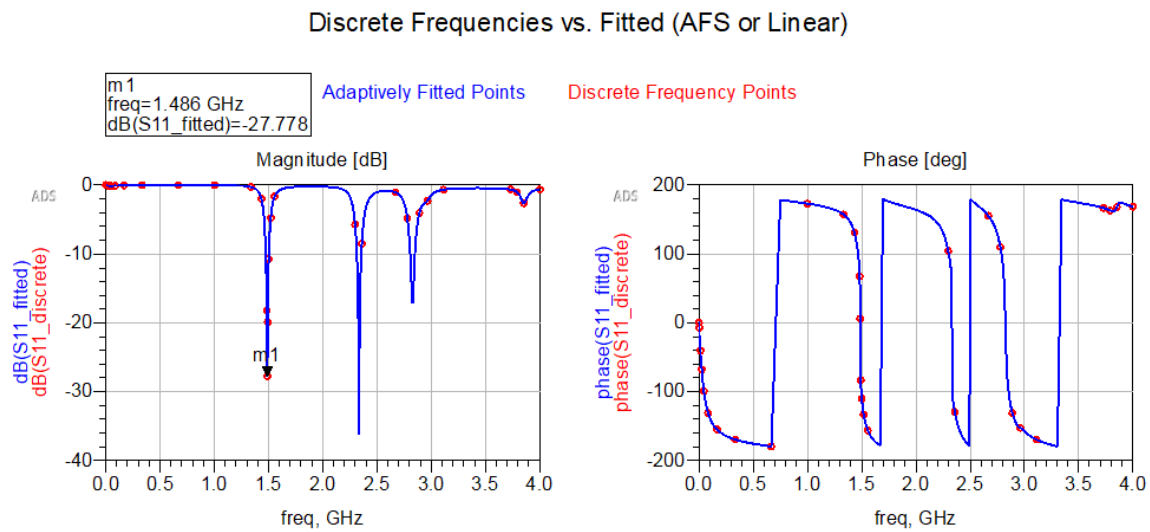


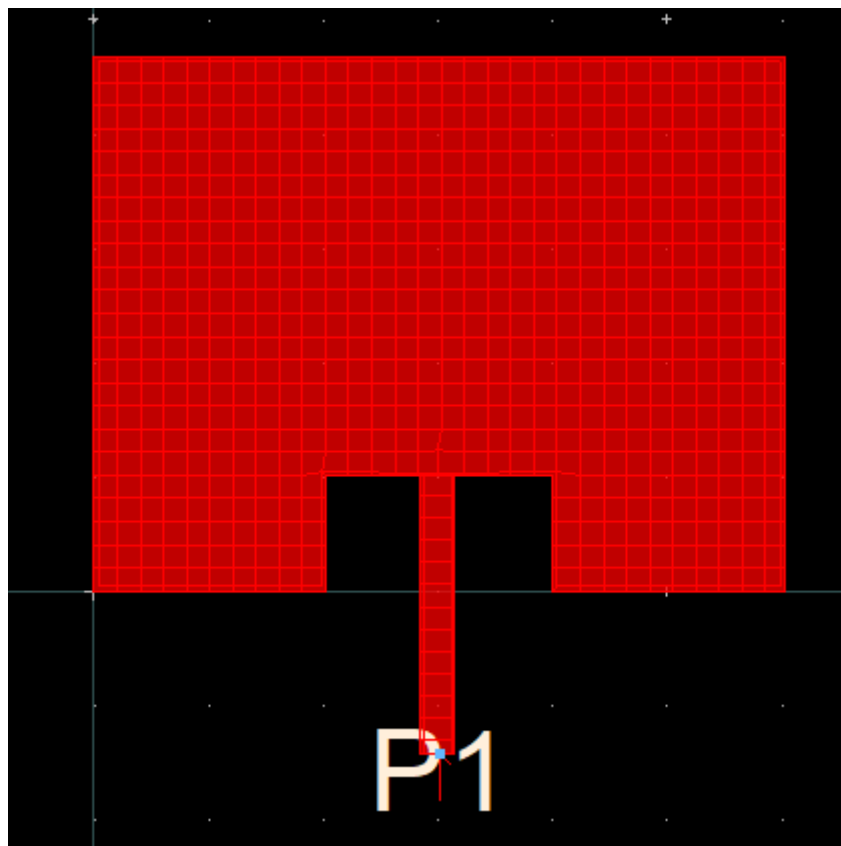
Figura 6 - Resultado impedância de entrada casada.



Dataset: cell_2_MomUW_a - Sep 25, 2023

Observa-se um valor melhor para S11 na frequência de projeto (em 1,5 GHz, vê-se -27,78dB). De resto, todos os padrões descritos acima são preservados.

Figura 7 - Antena com inset feed:.



Note como o parâmetro S11 é muito melhor do que aquele visto no primeiro setup, Na frequência de projeto, chega-se a quase -20 dB na figura 8, como o esperado nas especificações do projeto.

Figura 8 - Impedância de entrada casada.

Discrete Frequencies vs. Fitted (AFS or Linear)

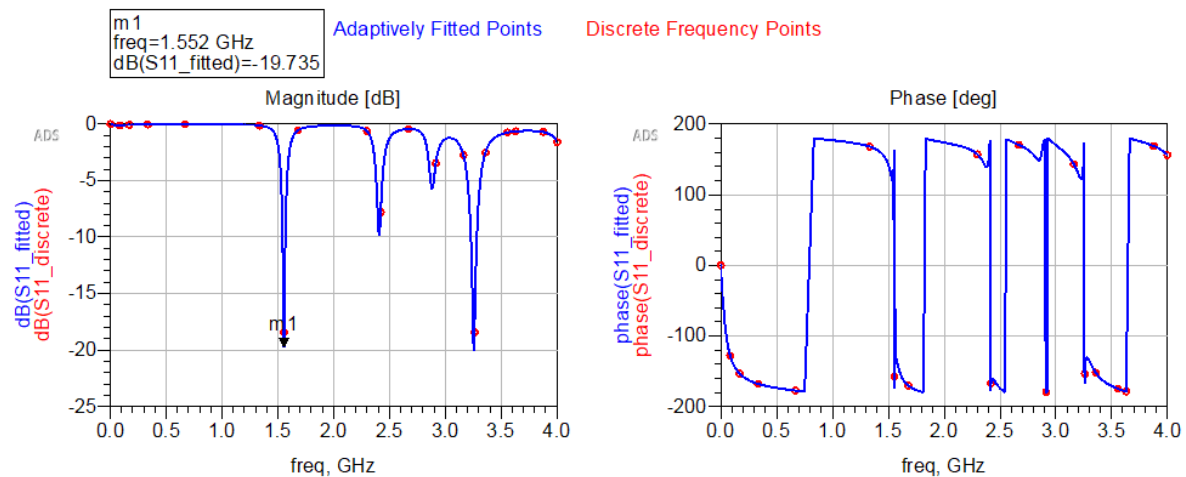
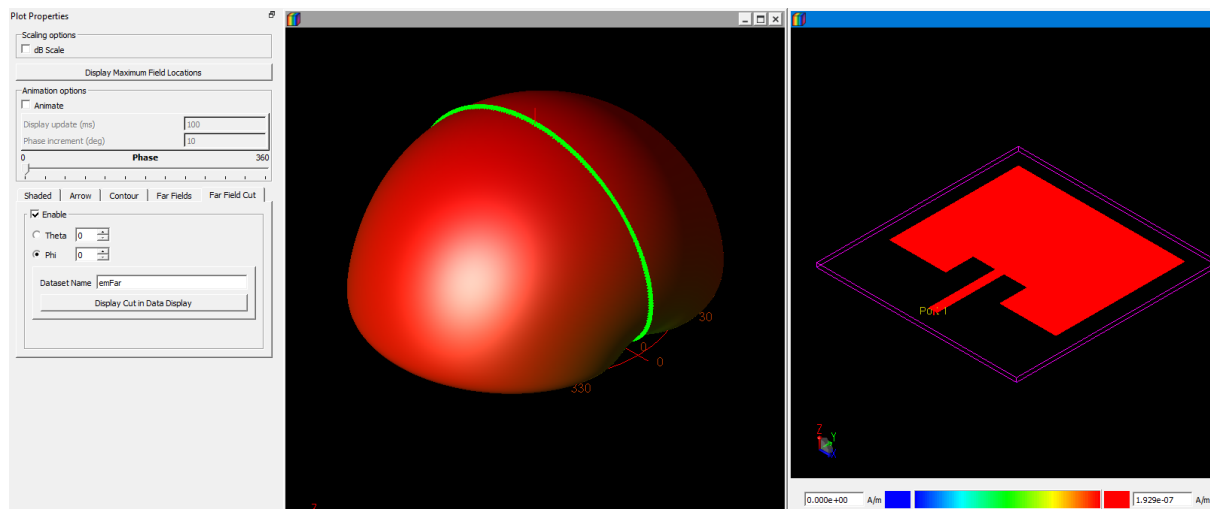
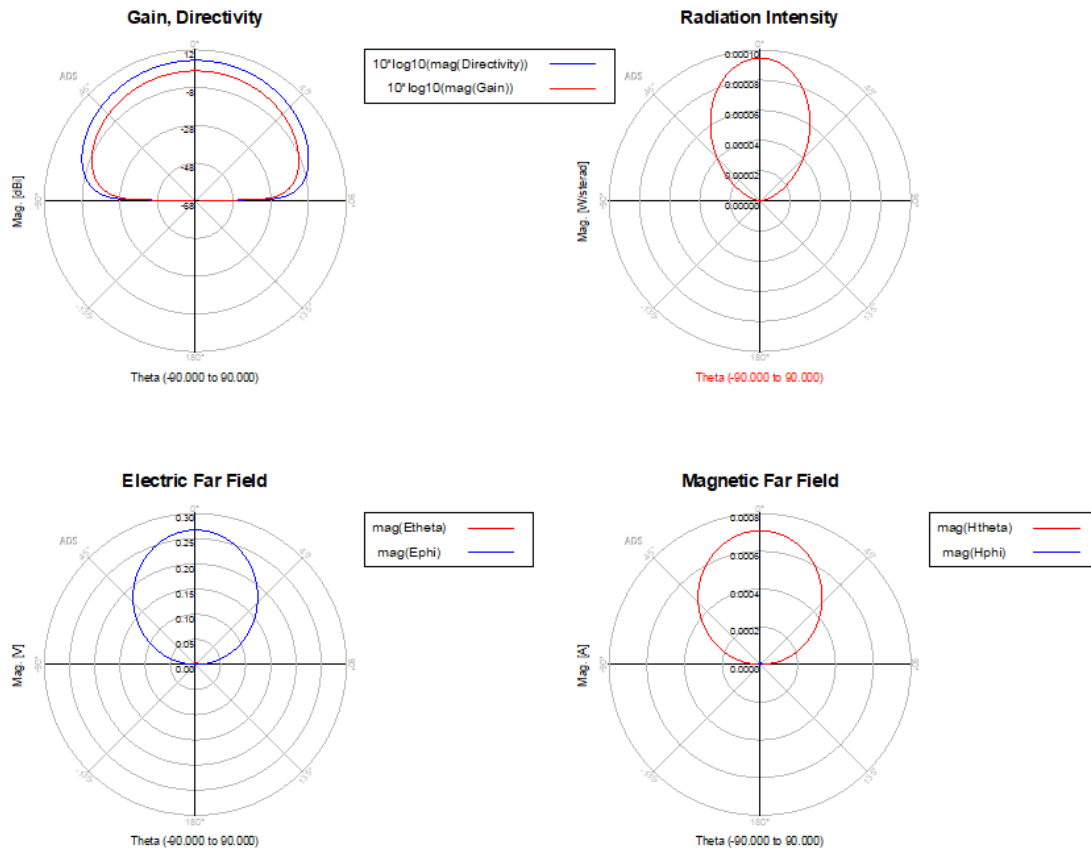


Figura 9 - Impedância de entrada casada.



Analisando quantitativamente, para este caso em especial, diagramas de diretividade e intensidade de radiação.

Figura 10 - Impedância de entrada casada.



A partir do exposto, é possível dizer que o projeto realizado atende às expectativas impostas:

- Sua frequência de operação está bem próxima do especificado, o que significa que níveis de pico local de radiação e eficiência estão nesta banda;
- Tratando-se de um projeto com apenas uma porta, não há perda de inserção;
- Sua única porta foi devidamente casada por meio do inset feed;
- Ganho: em 1,5 GHz, $G = 6,2 \text{ dB}$
- Banda 16. 9MHz e banda relativa 0. 007
- Eficiência: em 1,5 GHz, $\eta = 47\%$.
- O substrato foi adequado, já que permitiu a implementação com dimensões praticáveis.

De qualquer modo, destaca-se que a eficiência de radiação é um fator que pode ser melhorado. De fato, em [3], o projeto de antena resulta em uma eficiência de 80%. Para isso, podem ser feitas alterações no substrato, por exemplo.

3. REFERÊNCIAS

- [1] Balanis, C. Antenna Theory - Analysis and Design. 2005. 4a ed. John Wiley and Sons.
- [2] MORAIS, J. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE. Estudo de Antenas Patches de Microfita Miniaturizadas em Banda Larga para Aplicação em dispositivos móveis e portáteis: disponível em:
https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/15377/1/JoseHCM_DISSERT.pdf
- [3] KANG, N. et al. Microstrip Patch Antenna Design at 2.45 GHz and Efficiency Measurement Using Reverberation Chamber. disponível em:
[https://www.ursi.org/proceedings/procGA17/papers/Paper_A22-4\(1199\).pdf](https://www.ursi.org/proceedings/procGA17/papers/Paper_A22-4(1199).pdf)