



Universidade Federal do ABC

ANDERSON DE SOUSA OLIVEIRA

**DESENVOLVIMENTO E CONSTRUÇÃO DE ANTENA PLANAR VIVALDI
PARA APLICAÇÃO EM UWB**

Santo André - SP
Novembro de 2016

ANDERSON DE SOUSA OLIVEIRA

**DESENVOLVIMENTO E CONSTRUÇÃO DE ANTENA PLANAR VIVALDI
PARA APLICAÇÃO EM UWB**

Relatório apresentado à disciplina
“Trabalho de Graduação III” do curso
de Engenharia de Informação da
Universidade Federal do ABC, como
requisito parcial para obtenção do grau
de Engenharia de Informação, sob
orientação do Professor Doutor Stilante
Koch Manfrin.

Santo André - SP
Novembro de 2016

ANDERSON DE SOUSA OLIVEIRA

**DESENVOLVIMENTO E CONSTRUÇÃO DE ANTENA PLANAR VIVALDI
PARA APLICAÇÃO EM UWB**

Relatório apresentado à disciplina
“Trabalho de Graduação III” do
curso de Engenharia de Informação
da Universidade Federal do ABC,
como requisito parcial para
obtenção do grau de Engenharia de
Informação, sob orientação do
Professor Doutor Stilante Koch
Manfrin.

Aprovado em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Stilante Koch Manfrin (orientador)

Prof. Dr. Cláudio José Bordin Júnior

Prof. Dr. Irineu Antunes Júnior

Oliveira, Anderson de Sousa

Estudo e Desenvolvimento de Antena Vivaldi Banda Larga para Aplicação em UWB, Santo André, 2016.

Orientador: Stilante Koch Manfrin

Trabalho de Graduação III em Engenharia de Informação. Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas.

1. Antena 2.Sistema ultra wideband (UWB) 3.Planar 4. Antena Vivaldi.
Engenharia de Informação. I.Manfrin, Stilante Koch. II.Universidade Federal
Do ABC – UFABC. III.Título

Dedico este trabalho a minha esposa Paula e filhas, Lavínia e Laura, que sempre me incentivaram quando eu queria desistir e tiveram paciência quando eu não podia dar atenção. Todas as minhas conquistas são dedicadas a vocês.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus familiares por todo o apoio ao longo do curso, aos meus professores pelos conhecimentos transmitidos. Em especial aos professores Stilante Koch Manfrin e Marcelo Bender Perotoni pela paciência, receptividade e por me orientarem durante todo o projeto.

RESUMO

Uma alternativa para comunicação de sistemas de comunicação sem fio é a tecnologia de banda ultra larga - Ultra Wide Band (UWB). Esta tecnologia permite tráfego de um grande fluxo de informação (bits por unidade de tempo) e possui uma alta eficiência espacial (velocidade de transmissão por área coberta) com baixo consumo de energia. Sistemas UWB apresentam aos novos dispositivos sem fio uma possibilidade de comunicação de banda larga rápida e quase não interferem nos sistemas de bandas consideradas estreitas pois suas características fazem com que os sistemas de banda estreita considerem o sinal UWB como ruído, já que o mesmo espalha sua potência em uma banda larga.

Este trabalho consiste na análise dos requisitos necessários para se construir uma antena para aplicações em UWB. A antena escolhida foi a planar Vivaldi, por ser uma antena de baixo custo, e sua construção ser relativamente mais simples. A antena foi desenvolvida, para operar na faixa de 3.1 - 10 GHz utilizando o substrato FR4 com uma constante dielétrica relativa de 4,4; espessura de 1,6 mm e tangente de perdas de 0,025. O projeto foi modelado e simulado utilizando, respectivamente, software Antennas Magus e o software CST Studio Suite 2016©. Serão apresentadas simulações teóricas e medições práticas, para que se possa comparar os resultados teóricos e práticos. Resultados estes, que indicarão o potencial uso prático desta antena.

Palavras-chave: banda ultra larga, UWB, antenas, antena Vivaldi.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: WPAN – Wireless Personal Area Network	2
Figura 2.1: Tecnologia UWB versus banda estreita	6
Figura 2.2: Limites aprovados pela FCC para as emissões de sinais UWB	10
Figura 3.1: Antena desenvolvida por Heinrich Hertz.....	11
Figura 3.2: Diagrama de Radiação	13
Figura 3.3: Diretividade.....	13
Figura 3.4: Alguns tipos de polarização	15
Figura 3.5: Antenas de Abertura.....	16
Figura 3.6: Antena corneta TEM.....	16
Figura 3.7: Antena planar tipo Vivaldi	19
Figura 3.8: Antena de abertura gradual (Vivaldi).....	20
Figura 3.9: Antena Vivaldi Antipodal	22
Figura 4.1: Ferramenta Antenna Magus no CST 2016.....	24
Figura 4.2: Tela inicial da ferramenta Antenna Magus	24
Figura 4.3: Antena antipodal Vivaldi modelada.....	25
Figura 4.4: Antena antipodal Vivaldi modelada com as dimensões.....	25
Figura 4.5: Módulo do coeficiente de reflexão de entrada ($S_{1,1}$).....	26
Figura 4.6: Campo distante da antena antipodal Vivaldi na frequência de 2,5 GHz.....	27
Figura 4.7: Campo distante da antena antipodal Vivaldi na frequência de 3 GHz.	27
Figura 4.8: Campo distante da antena antipodal Vivaldi na frequência de 3,5 GHz	28
Figura 4.9: Carta Smith da antena simulada.....	28
Figura 4.10: Antena antipodal Vivaldi sem balun.....	29
Figura 4.11: Comparação entre a antena sem balun com a antena “ideal”.....	29
Figura 4.12: Antena antipodal Vivaldi sem conector SMA	30
Figura 4.13: Comparação entre a antena sem conector com a antena “ideal”.....	30
Figura 4.14: Antena antipodal Vivaldi sem simetria.....	31

Figura 4.15: Comparação entre a antena sem simetria com a antena “ideal” .	31
Figura 4.16: Comparação entre os modelos da antena antipodal Vivaldi.	32
Figura 4.17: Antena Antipodal Vivaldi com conector Tipo N	32
Figura 4.18: Módulo do coeficiente de reflexão de entrada ($S_{1,1}$).	33
Figura 5.1: Antena antipodal Vivaldi - fabricada.	34
Figura 5.2: Vector Network Analyser (VNA)	35
Figura 5.3: Montagem do aparato para a coleta de dados	35
Figura 5.4: Módulo do coeficiente de reflexão de entrada ($S_{1,1}$) - experimental.	36
Figura 5.5: Carta de Smith.	36
Figura 5.6: Comparação do parâmetro $S_{1,1}$ entre o simulado e medido na prática.	37
Figura 5.7: Comparação de perda de retorno entre as antenas	38
Figura 5.8: Antena Vivaldi Corrugada	38
Figura 5.9: Kit de interligação SMA	39
Figura 5.10: Kit de interligação tipo N	39
Figura 5.11: Placa fabricada com o conector tipo N	40
Figura 5.12: Aparato montado para a coleta de dados.	40
Figura 5.13: Módulo do coeficiente de reflexão de entrada ($S_{1,1}$) - experimental.(tipo N)	41
Figura 5.14: Carta de Smith (tipo N).	41
Figura 5.15: Comparação do parâmetro S_{11} entre o simulado e medido na prática, com o conector N.	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Comparações entre as tecnologias IEEE 802.11, Bluetooth e UWB	5
Tabela 2.2: UWB – Aplicações e utilização de banda	9
Tabela 3.1: Resposta ao impulso em antenas UWB	18

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. FUNDAMENTOS DO UWB.....	4
2.1. Histórico	4
2.2. Características	4
2.3. Métodos de Transmissão UWB	7
2.4. Regulamentação	8
3. ANTENAS	11
3.1. Principais Parâmetros de uma Antena	12
3.2. Antenas UWB	16
3.1. Antenas Vivaldi	19
4. MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE ANTENA VIVALDI	23
5. RESULTADOS.....	34
5.1. Resultados e Análises	35
6. CONCLUSÃO	43
7. BIBLIOGRAFIA.....	44

1 - INTRODUÇÃO

As redes de comunicação são imprescindíveis atualmente, seja em ambiente doméstico ou corporativo, e a sua importância vem crescendo com o passar dos anos. O que no início era quase que exclusivo para os computadores de mesa (desktops), agora é utilizada por computadores portáteis e dispositivos periféricos, como por exemplo, aparelhos celulares. O aumento do número de dispositivos que acessam estas redes motivou o aparecimento das primeiras redes sem fios, possibilitando uma maior mobilidade e um menor transtorno em comparação a redes cabeadas. É cada vez mais comum o surgimento de dispositivos compactos para aplicação em sistemas de comunicações, em particular aqueles destinados a comunicações móveis (Feitoza et al, 2006).

Com as modernas técnicas de processamento de dados, o fluxo de informações em um canal de comunicação tornou-se muito mais denso, i.e., há uma maior transferência de informação em menor tempo. Assim, com o aumento do tráfego de informações, aumenta a necessidade de utilização do espectro de frequências com largura de banda maior. E essa tendência tem provocado a procura por dispositivos radiadores (antenas) com alta eficiência em uma banda larga em contrapartida aos sistemas comuns de banda estreita. Um dos sistemas que tem oferecido mais avanços tecnológicos é o sistema de banda ultra larga (*UltraWide Band*) (M. Ghavami et al., 2004).

Esse sistema é aplicável especialmente para redes *Wireless Personal Area Network* (WPAN), pois o UWB possui alcance na ordem de até 10m e um fluxo de informação de aproximadamente 400Mb/s (Faleiro, 2008). A tecnologia então permite integrar vários dispositivos que estejam presentes numa área próxima sem quaisquer recursos de fios. Por exemplo, através da utilização de um equipamento portátil é possível comunicar com uma impressora, um PDA, um celular, um scanner e etc (Figura 1.1).

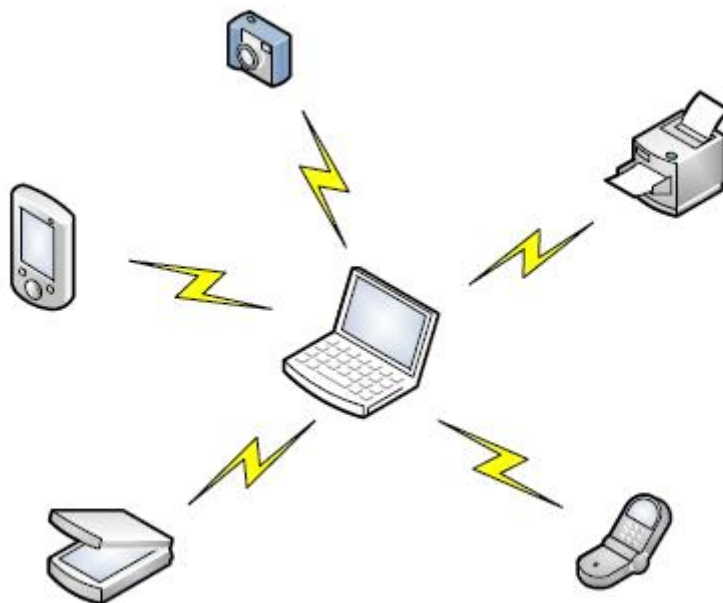


Figura 1.1 – WPAN, *Wireless Personal Area Network* (Faleiro, 2008)

Neste tipo de aplicação, atualmente, utiliza o *Bluetooth* e não permite uma maior evolução dos equipamentos, devido às altas taxas de fluxo de informação. Desse modo, a tecnologia UWB permite aumentar e inovar os conteúdos e dispositivos à disposição do usuário.

Este trabalho consiste na implementação e análise do comportamento de um protótipo de antena que opere sob condições próprias da tecnologia de UWB, onde sua frequência estará limitada à faixa de 3,1 GHz a 10 GHz. Será considerado o padrão regulamentado pela Federal Communications Commission (FCC) para os limites de potência de transmissão, da faixa de frequência utilizada bem como da largura de banda utilizada.

OBJETIVOS

1- Apresentar os fundamentos da tecnologia UWB, mostrando seu histórico, detalhando suas principais características que contrapõem os sistemas utilizados atualmente. Apresentar suas possíveis aplicações práticas;

2- apresentar os tipos de antenas existentes e discutir as estruturas mais propícias para aplicações em sistemas de comunicação em UWB;

3- modelar uma antena Vivaldi, seguindo especificações predeterminadas, para que a mesma opere em sistemas UWB;

4- construir um protótipo de antena Vivaldi, confrontar seus resultados com o modelo teórico e verificar se sua aplicação prática é viável.

2 – FUNDAMENTOS DO UWB

2.1 - Histórico

As primeiras comunicações sem fio em faixa ultra larga foram reportadas em 1901, realizadas por Marconi, utilizando uma geradora de faísca para enviar uma mensagem em código Morse. Esta idéia de transmitir pulsos de curta duração foi utilizada no desenvolvimento de equipamentos militares (radares e algumas formas de comunicações) nos anos 60. O seu uso permaneceu restrito por cerca de 30 anos (Menezes, 2010). No ano de 2002, a FCC (*Federal Communications Commission*, órgão estatal norte-americano que regula as comunicações) decidiu alterar as regras a fim de que houvesse a permissão para operação de sistemas de UWB (*Ultra-wideband*) em uma faixa ampla de frequências.

2.2 - Características

O UWB tem diversas características que o diferenciam de sistemas convencionais de banda estreita:

- uma elevada largura de banda provê uma boa resolução no tempo, que é bastante utilizado em rastreamento de precisão e também na construção de radares;
- pulsos de curta duração são capazes de fornecer um desempenho maior em ambientes de multi percurso através da exploração de percursos mais eficazes;
- uma baixa densidade espectral de potência permite a coexistência entre usuários e tem uma baixa detectabilidade com serviços que ocupem faixas de frequência adjacentes ou coexistam na faixa UWB;
- a taxa de dados pode ser ajustada dinamicamente através do controle dos parâmetros da densidade espectral de potência. (Farah, 2009)

O potencial do UWB pode ser observado ao analisar a eficiência espacial, em comparação com outras tecnologias sem fio. Enquanto, a tecnologia *Bluetooth*, que possui um alcance de 10 metros, tem um pico de operações de dez redes com velocidade

agregada de 10 Mbps, que implica em uma capacidade espacial de aproximadamente 30 Kbps/m², o UWB possui o mesmo alcance e consegue operar seis sistemas simultâneos e fornecer para cada um até 50 Mbps, ou seja, uma velocidade agregada de 300 Mbps. Logo sua capacidade espacial pode chegar até 955 Kbps/m² (FRENZEL, 2004). Capacidade espacial é a razão entre a velocidade de transmissão e a área coberta. As comparações entre as tecnologias de comunicação são ilustradas na Tabela 2.1.

Tabela 2.1- Comparações entre as tecnologias IEEE 802.11, Bluetooth e UWB
(Faleiro, 2008)

Tecnologia	IEEE 802.11a	Bluetooth	UWB
Raio de alcance (médio) [m]	50	10	10
Números de dispositivos simultâneos	12	10	6
Taxa de transmissão (pico) [MB/s]	54	1	50
Eficiência espacial [Kb/s.m ²]	83	30	1000

Sistemas UWB apresentam a particularidade de sua elevada largura de banda e o seu potencial para implementação em projetos é simples e de baixo custo, que tornam possível a operação de um único sistema em diferentes modos tais como um dispositivo de comunicação, radar ou rastreador. Quando combinadas, essas propriedades proporcionam uma clara vantagem técnica sobre as outras formas de comunicação convencionais.

Para classificar um sinal como sendo UWB é necessário primeiro determinar o valor da banda para o qual se considera UWB. A primeira definição oficial de sinal UWB surgiu em 2002 (Faleiro, 2008) por parte do FCC, que determinou que um sinal seria considerado UWB sempre que este tivesse uma banda igual ou superior a 500 MHz, ou que parte dela apresentasse uma largura de banda fracionária igual ou superior a 0,20. Na Equação 2.1 é possível observar a forma de calcular esse coeficiente, onde f_h e f_l representam respectivamente as frequências superior e inferior da banda ocupada

pelo sinal. É considerada como sendo banda do sinal, o conjunto de frequências ao redor da frequência central que apresentem uma atenuação inferior a 10 dB relativamente ao valor da frequência central.

$$\text{largura de banda fracionária} = 2 \frac{f_h - f_l}{f_h + f_l} \quad (2.1)$$

A diferença básica da tecnologia UWB para outras tecnologias é precisamente a possibilidade de transmissão sem frequência portadora (Isidro, 2005). São transmitidos pulsos individuais estreitos de baixa densidade de energia ao longo do espectro que é muito largo. A Figura 2.1 ilustra a comparação entre os espectros de um sistema UWB e um sistema de banda estreita.

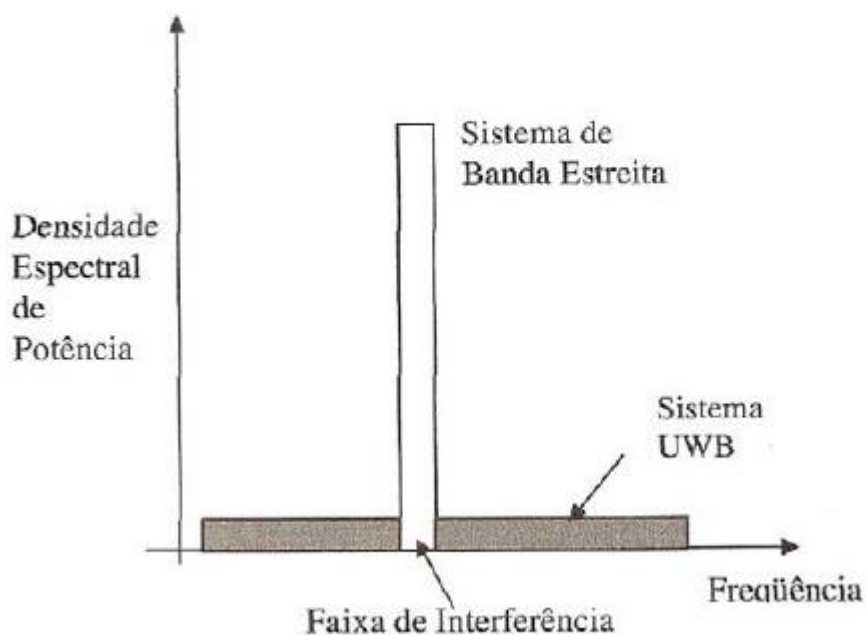


Figura 2.1 – Tecnologia UWB versus banda estreita (Abreu, 2009)

Como se observa na Figura 2.1, os sistemas UWB só exercerão interferência com os de faixa estreita numa pequeníssima fração do espectro.

A coexistência de sinais de sistemas de banda estreita, licenciados ou não, com sistemas UWB, é na realidade uma preocupação, mas pode ser minimizada, primeiro

pelo fato da faixa comum entre eles ser de uma pequena fração da banda larga UWB, e ainda pelo fato da potência do sinal UWB ser extremamente baixa, se comparada com as potências de sinais de faixa estreita.

A capacidade de transmissão de um canal (C) é definida como a máxima quantidade de dados transmitidos por segundo. De acordo com a proposta de Shannon. Seu valor em bits por segundo é dado por:

$$C = BW \log_2(1 + SNR) \quad (2.2)$$

Onde:

C =canal de transmissão (bits/s);

B =largura de banda (Hz);

SNR =relação sinal ruído.

Através da equação, observa-se que, para aumentar a capacidade de um canal, pode-se realizar qualquer uma das seguintes sugestões:

- a) aumentar a largura de banda (BW), que é a principal característica do sistema UWB;
- b) aumentar logaritmicamente a potência do sinal (S);
- c) diminuir o ruído (R).

Sendo a largura de banda muito grande, o sistema UWB é fortemente recomendado para as comunicações sem fio de alta velocidade, pois opera em baixa potência por faixa de frequência. Assim, com o aumento dessa largura e a manutenção da capacidade de transmissão, pode-se ter certa liberdade na relação sinal-ruído, fornecendo robustez e permitindo bom desempenho do sistema.

2.3- Métodos de transmissão UWB

Um ponto que merece ser avaliado no sistema UWB é o fato de que a transmissão pode ser feita por dois métodos distintos. Um deles é baseado em pulsos de curtíssima duração para transmissão de informação, o chamado *Impulse* UWB. O outro é baseado no uso de multiportadoras, denominado *Multicarrier* UWB.

Uma das técnicas mais simples para transmissão de um sinal UWB é recorrendo a impulsos, utilizados nos primeiros radares UWB. Esta técnica consiste na emissão de pulsos de curta duração, na ordem das dezenas de nanossegundos, e com intervalo entre

cada um de centenas de nanossegundos. Uma das principais vantagens da transmissão de impulsos UWB (I-UWB), reside no fato de não necessitar de uma portadora, ou seja, toda a transmissão é efetuada diretamente a partir da banda base. Neste método a informação é modelada através do deslocamento dos pulsos no tempo.

O sistema UWB pode também ser implantado no domínio da frequência, neste caso o sinal é espalhado em multibandas, onde cada banda possui largura suficiente para ser UWB. Esses sistemas são baseados em Multiplexação Ortogonal por Divisão de Frequência – OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*), onde o canal é subdividido em subcanais com subportadoras ortogonais, permitindo a transmissão a diferentes taxas em cada subportadora.

A divisão do sinal em muitas bandas oferece vantagens em relação à maior imunidade à interferências de banda estreita. Possui, em geral, maior imunidade a interferências de ruídos, permitindo a troca ou isolamento de uma faixa de frequências, além da mudança de velocidade de transmissão. (Souza e Farah, 2008)

2.4 – Regulamentação

Apesar de alguns anos de atraso em relação à FCC, a *Electronic Communications Committee* (ECC), organismo responsável por legislar e regulamentar todo o tipo de comunicação eletrônica dos países pertencentes à Conferência Europeia das Administrações de Correios e Telecomunicações (CEPT) regulamentou o uso de sinais UWB na Europa. A primeira tentativa de regulamentação aconteceu em março de 2006, no entanto, só foi instituída definitivamente em julho de 2007 (ECC, 2007). Ao contrário da FCC, a ECC considera um sinal como sendo de UWB se a banda do sinal for igual ou superior a 50 MHz.

A Tabela 2.3 apresenta as várias categorias operacionais em UWB e as suas respectivas faixas de frequência, além de informar eventuais restrições para permissão de operação.

Tabela 2.2 – UWB – Aplicações e utilização de banda (Farah,2008)

Aplicação	Banda de frequência para operação	Aplicações para as quais a utilização é restrita
Sistemas de medidas e de comunicação (sensores)	3,1 – 10,6 GHz (Os limites de emissão são diferentes para sistemas <i>indoor</i> e <i>outdoor</i>)	Não há restrições
Radares veiculares anticolisão, ativadores de <i>airbag</i> , sistema de controle de suspensão	24 – 29 GHz	Não há restrições
Radares de penetração de solo para ver ou detectar objetos enterrados	3,1 – 10,6 GHz e abaixo de 960 MHz	Resgate e combate a incêndio, instituições de pesquisa, mineração, construção
Sistemas de detecção de objetos dentro de paredes	3,1 – 10,6 GHz e abaixo de 960 MHz	Resgate e combate a incêndio, mineração, construção
Sistemas de captura de imagens atrás de paredes para detectar a localização ou movimento de objetos existentes do outro lado da parede	1,99 – 10,6 GHz e abaixo de 960 MHz	Resgate e combate a incêndio
Sistemas de imageamento internos para medicina e veterinária	3,1 – 10,6 GHz	Equipes médicas apenas
Sistemas de monitoramento para detecção de intrusos	1,99 – 10,6 GHz	Resgate e combate a incêndio, fins de utilidade pública, indústria

Na Figura 2.2 é possível observar as restrições impostas pela FCC, assim como as diferenças entre as limitações aos sinais de UWB em sistemas *indoor* e os de utilização em dispositivos portáteis. Como se pode observar, as potencialidades do UWB poderão ser exploradas com maior facilidade até os 960 MHz e entre os 3,1 GHz e os 10,6 GHz, pois são nestas bandas que a restrição imposta é menor.

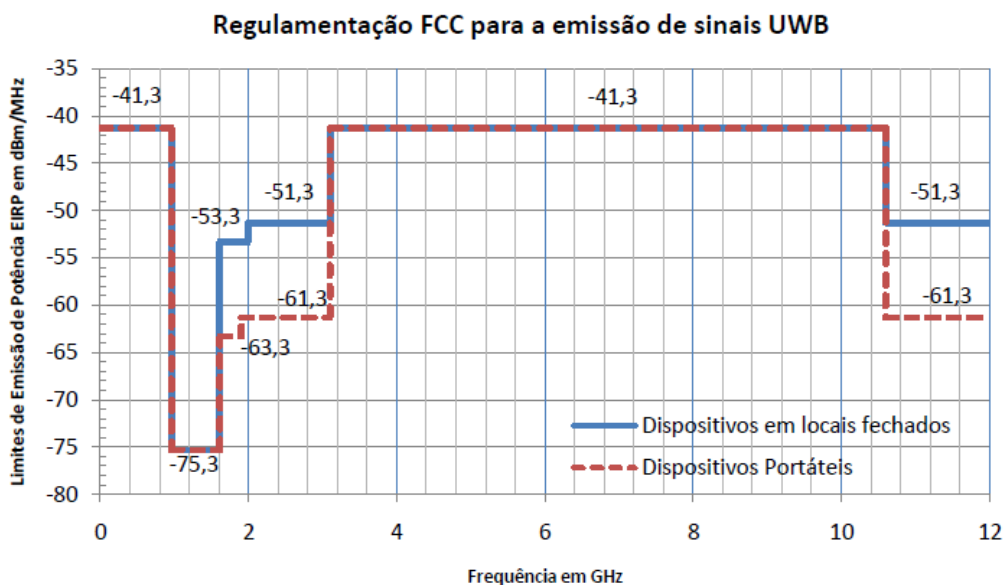


Figura 2.2 - Limites aprovados pela FCC para as emissões de sinais UWB (Faleiro, 2008)

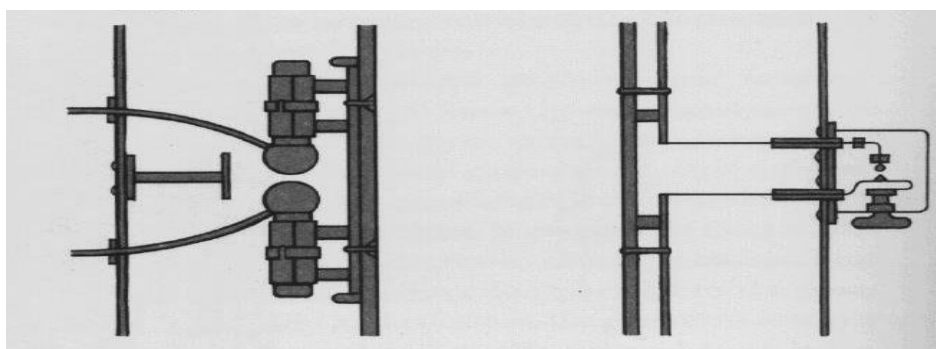
A baixa potência de transmissão contribui para a autonomia das baterias empregadas em computadores portáteis ou componentes associados, como o mouse, teclado, caixas de som e periféricos em geral.

A tecnologia UWB preocupa-se com a certeza de que possa coexistir em sistemas que já estejam em operação. Cuidados especiais são exigidos para garantir ausência de interferências em sistemas de segurança, sistemas eletrônicos de aeroportos, equipamentos de socorro ou de suportes médicos, equipamentos hospitalares, entre outros.

3 – ANTENAS

Na norma IEEE, uma antena é definida como "um dispositivo para radiação ou a recepção de ondas de rádio" (Balanis, 2005). Em outras palavras, uma antena pode ser definida como um transdutor que converte energia eletromagnética guiada em uma linha de transmissão (tensão e corrente elétrica) em energia eletromagnética no formato de uma onda irradiada no espaço livre (Schantz e Hans G., 2002). As antenas surgiram a partir da criação de Heinrich Hertz, em 1886, com o objetivo de auxiliar na comprovação da teoria eletromagnética clássica, proposta pelo físico e matemático inglês James Clerk Maxwell.

No início, eram formadas por duas placas de metal conectadas a dois bastões metálicos, que eram ligados a duas esferas, separadas por certa distância conhecida. Nas esferas estava adaptada uma bobina que gerava descargas por centelhamento. As centelhas, ao atravessarem o espaço entre as esferas, produziam ondas eletromagnéticas oscilatórias nos bastões (Nóbrega, 2008). A Figura 3.1 mostra as antenas desenvolvidas por Hertz.



(a) transmissor

(b) receptor

Figura 3.1 – Antena desenvolvida por Heinrich Hertz

[Fonte: http://www.nrao.edu/whatisra/hist_prehist-s.shtml]

Além da recepção ou transmissão de energia, de uma antena em um avançado sistema sem fio é usualmente exigido que se otimize ou reforce a energia de radiação em determinadas direções e que a suprima em outras. A antena deve, portando, assumir diferentes formas para atender a uma particular necessidade, podendo ter a forma de um

fio condutor, uma abertura, uma plaqueta (patch), um agrupamento de elementos (conjunto), um refletor, uma lente e assim por diante (Balanis, 2005).

As antenas podem ser classificadas pelo tipo como: de fio, de abertura, impressa, arranjos e refletoras, ou ainda pela estrutura de formação: dipolo, cornetas, impressas, Yagi-Uda, helicoidal, log-periódica, entre outras.

De forma geral, existe uma proporção entre o comprimento de onda da radiação eletromagnética e o tamanho da antena (Balanis, 2005).

3.1 – Principais Parâmetros de uma Antena

Regiões de Campo

O espaço que envolve uma antena é normalmente subdividido em 3 regiões: região de campo próximo reativo, região de campo próximo radiante e região de campo distante.

A região de campo próximo reativo é definida como uma parte da região de campo próximo ao redor da antena, onde o campo reativo é predominante. O que ocorre neste campo é apenas uma troca de energia reativa entre a antena e a região imediatamente ao redor da mesma.

A região do campo próximo radiante é definida como a região de campo de uma antena situada entre a região de campo próximo reativo e a região do campo distante, na qual predomina o campo radiante e a distribuição angular dos campos depende da distância da antena.

A região de campo distante é definida como a região de campo de uma antena onde a distribuição angular dos campos independe da distância da antena.

Diagrama de radiação

O diagrama de radiação de uma antena mostra a potência radiada (ou os campos) em função da posição angular (geralmente na região de campo distante), conforme Figura 3.2. As propriedades de radiação incluem densidade de fluxo de potência, intensidade de radiação, intensidade de campo, diretividade, fase ou polarização.

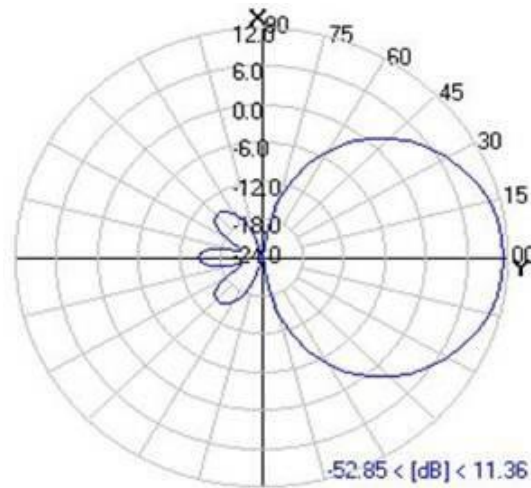
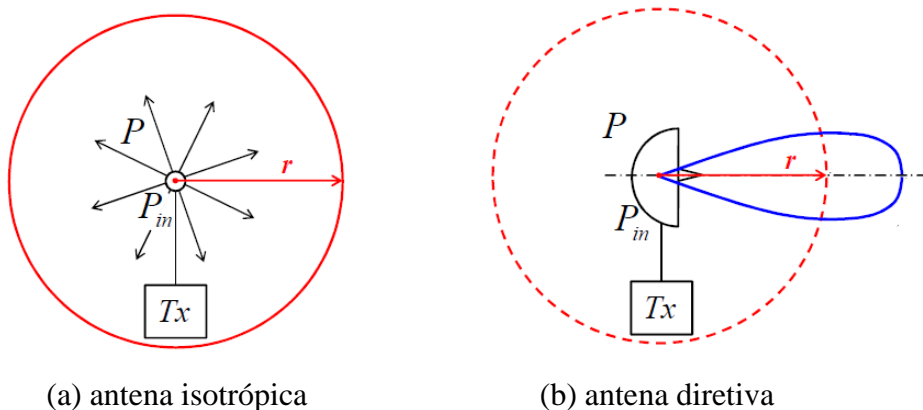


Figura 3.2 – Diagrama de radiação. [Fonte: Balanis, 2005]

Diretividade

Na versão de 1983, da Norma IEEE, Definições Padronizadas de Termos para Antenas, a diretividade de uma antena é definida como a razão entre a intensidade de radiação em uma dada direção da antena e a intensidade de radiação média. Em outras palavras, indica a capacidade da antena de direcionar a potência radiada. Na figura 3.3 apresenta o conceito de diretividade de uma antena.



(a) antena isotrópica

(b) antena diretiva

Figura 3.3- Diretividade [Fonte : Notas de aula – Propagação e Antenas]

Como visto na Figura 3.3, uma antena isotrópica irradia a energia eletromagnética igualmente em todas as direções, já uma antena diretiva concentra energia eletromagnética numa dada direção.

A antena isotrópica existe somente na teoria (não existe antena ideal), e sua finalidade é servir como padrão de referência na medição de outras antenas.

Ganho

O ganho de uma antena depende de sua diretividade e de seu rendimento ou eficiência de transmissão. Ele pode ser medido em dBi, que é a comparação da diretividade de uma antena em relação a uma antena isotrópica ou em dB quando comparada a uma antena de referência. O ganho pode ser representado pela Equação 3.1.

$$G = \frac{\text{Intensidade de radiação da antena sob inspeção numa dada direção}}{\text{Intensidade de radiação de uma antena de referência na mesma direção, com a mesma potência de entrada}} \quad (3.1)$$

Polarização

Indica a direção e a amplitude, variantes no tempo, do vetor campo elétrico da onda radiada. A polarização de uma antena pode ser explicada como sendo a curva traçada pela extremidade do seta, que representa o vetor campo elétrico, observada ao longo da direção de radiação ou sua projeção no plano transversal á direção de radiação. Exemplos de polarizações de ondas eletromagnéticas podem ser vistos na figura 3.4.

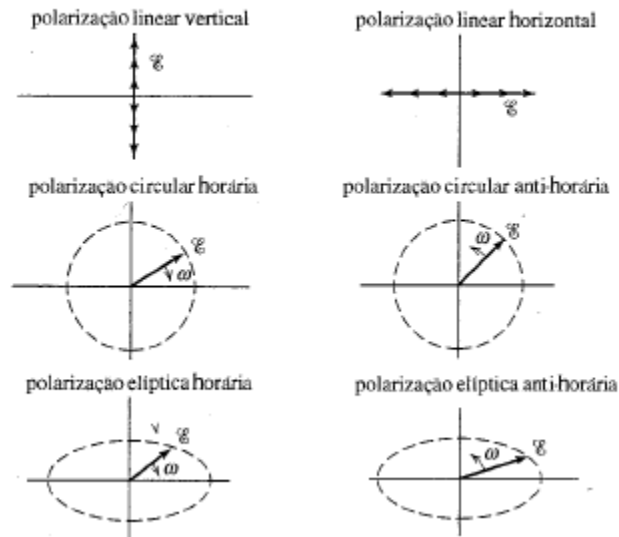


Figura 3.4 – Alguns tipos de polarização

Impedância de Entrada

A impedância é a relação entre o valor eficaz (RMS) da diferença de potencial e o valor eficaz da corrente entre dois terminais em um circuito.

No caso de antena, é aquela impedância que se apresenta entre a antena e a estrutura de acoplamento através da qual ela é excitada.

Em um sistema de comunicação, deseja-se o casamento da impedância entre a saída do circuito transmissor, ou entrada do circuito receptor, com a impedância “vista” nos terminais da antena. O correto casamento, ou adaptação da impedância, afeta o desempenho de um sistema de comunicação, pois evita a perda de potência por reflexões tanto na transmissão, como na recepção do sinal.

Largura de Banda:

Esta característica pode ser definida como a faixa de frequências para as quais os parâmetros de desempenho importantes para a aplicação desejada são considerados aceitáveis, ou seja, a antena é capaz de atender às necessidades do sistema de comunicação na faixa de frequência pré-determinadas. Verifica-se a relevância deste parâmetro no projeto de antenas

3.2- Antenas UWB

As antenas para aplicação em sistemas UWB são designadas especificamente para transmitir e receber energia eletromagnética de pulso de tempo de duração muito pequeno. As antenas de banda larga possuem desempenho aceitável, para um ou mais parâmetros (diagrama, ganho, impedância, por exemplo) em uma proporção entre frequência de operação superior e inferior de, no mínimo, 2:1. Sua utilização se dá principalmente numa região de frequências que se iniciam no VHF e atinge valores intermediários na ordem dos GHz.

As ondas propagantes originam-se no ponto de alimentação e viajam sem radiação até a região ativa, onde a maioria da potência é radiada.

Nas Figuras 3.5(a) e (b), são apresentadas algumas antenas de abertura. (a) antena corneta e (b) antena refletora parabólica.

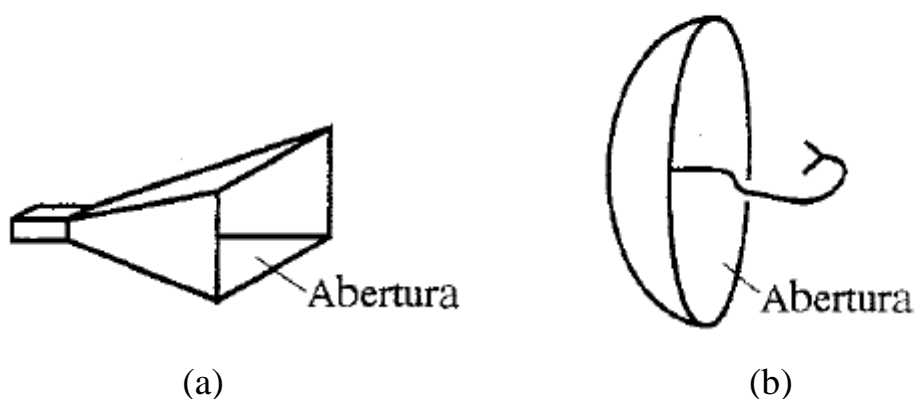


Figura 3.5 – Antenas de abertura. [Fonte : Souza e Farah, 2009]

Na figura 3.6, é mostrado outro exemplo de antena corneta.

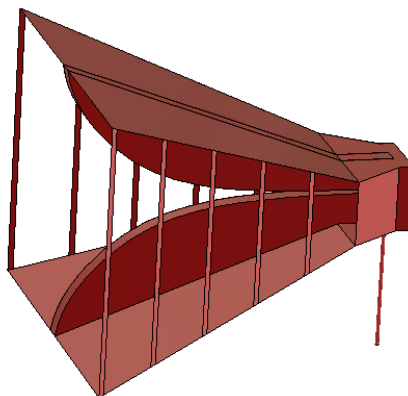


Figura 3.6 – Antena corneta TEM.

[Fonte: http://www.ramayes.com/emc_test_antennas.htm]

Para que seja possível estabelecer uma comunicação UWB, são necessárias antenas capazes de operar adequadamente esse tipo de transmissão. Esse é um desafio para os engenheiros que procuram tornar essa tecnologia uma realidade cotidiana no âmbito dos sistemas de comunicações, visto que, entre outras limitações, é bastante complicado projetar antenas que respondam adequadamente em uma faixa de frequência tão ampla quanto aquela ocupada pelos sinais UWB (Ascama, 2010).

Para antenas UWB, existem alguns desafios adicionais que devem ser considerados. O parâmetro S_{11} , por exemplo, que representa a perda de retorno da antena UWB, tem que ser baixo e constante, na ordem de -10 dB, traduzindo uma maior eficiência de irradiação na transmissão e na recepção para a largura de banda em que a antena funciona. Com respeito à fase em uma antena UWB, ela deve ser linear, assim o atraso de grupo não variará com a frequência, obtendo-se uma distorção mínima dos pulsos transmitidos. Nesse sentido, se a fase é linear através da faixa de frequência, o atraso de grupo também deve ser constante para a mesma faixa (Ascama, 2010).

Nota-se que, pela Tabela 3.1, devido ao fato de a banda ocupada pelo sinal UWB ser grande, todas as antenas possuem uma largura de banda elevada. Outro ponto a ser comentado é que uma característica de interesse para uma antena de banda larga é uma resposta aproximadamente constante ao longo de sua faixa de operação. Todas as antenas da tabela possuem uma boa resposta, porém a estrutura que apresenta menor oscilação é a corneta TEM. Porém, isso não significa que esta antena seja a mais adequada para todos os tipos de aplicações em UWB, uma vez que o formato dos pulsos utilizados na comunicação interfere na resposta da antena analisada.

Tabela 3.1 – Resposta ao impulso em antenas UWB

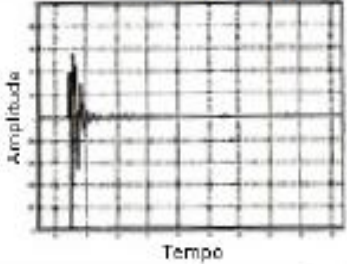
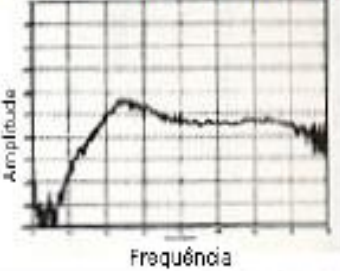
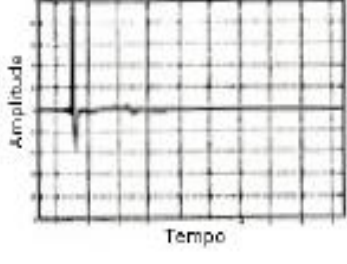
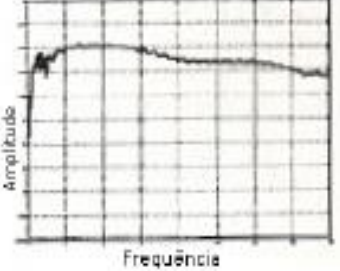
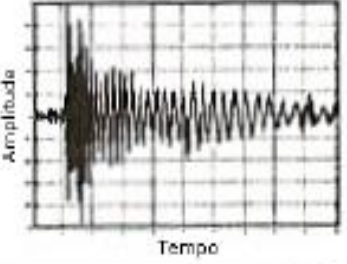
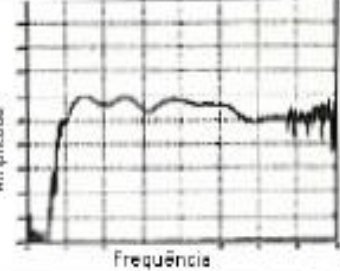

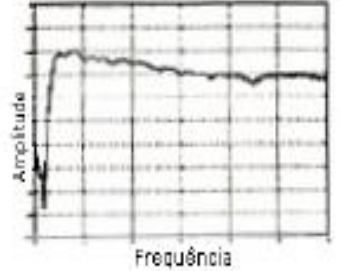
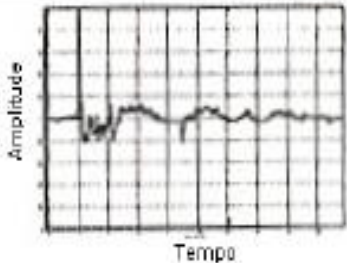
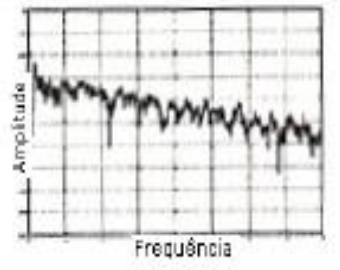
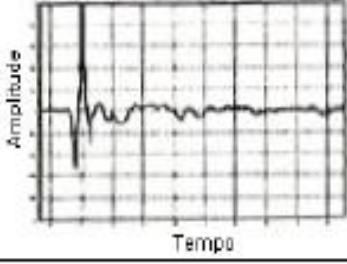
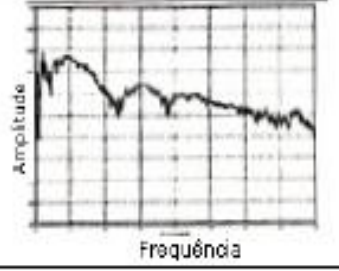
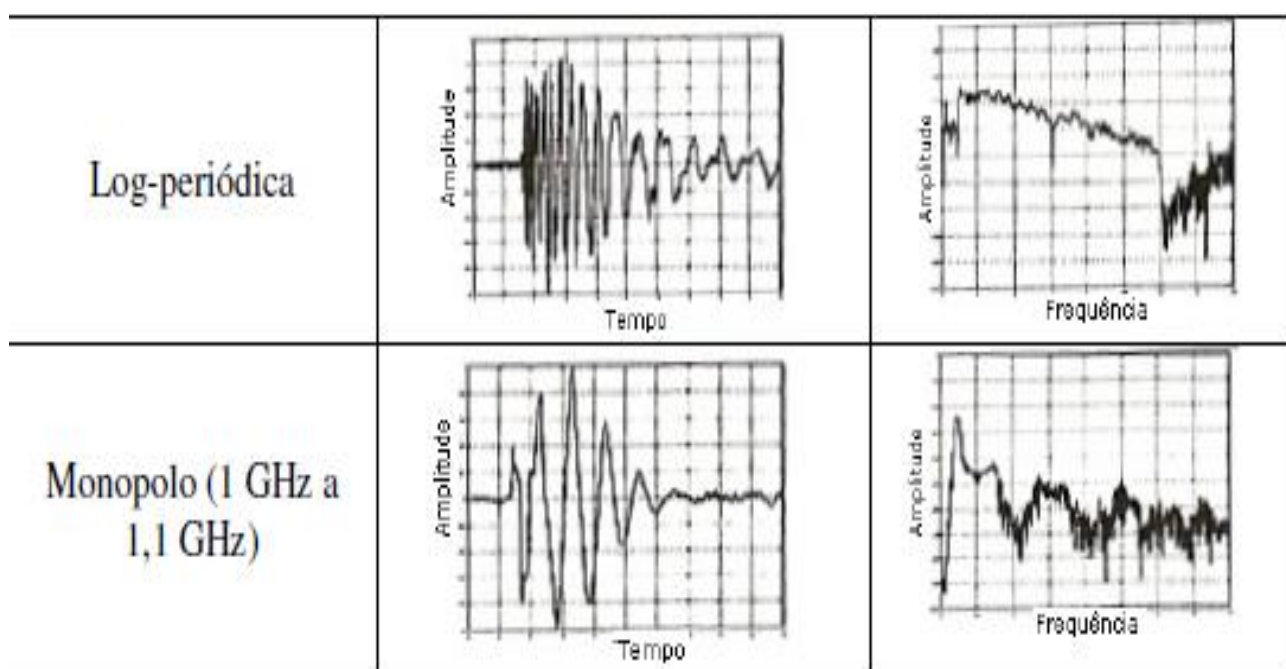
Antena	Resposta ao impulso normalizada	Resposta em frequência (dB)
Monopolo (5 GHz)		
Corneta TEM		
<i>Archimedean spiral</i>		
TEM rugosa		
Bicônica		
Vivaldi		

Tabela 3.1 (continuação) – Resposta ao impulso em antenas UWB

[Fonte: Souza e Farah, 2009]

3.3 – Antenas Vivaldi

A antena de abertura gradual, eventualmente identificada pela sigla TSA (*tapered-slot antenna*) e conhecida como antena Vivaldi permite a transmissão e recepção em uma grande largura de faixa com possibilidade de ganho elevado. A Figura 3.7 ilustra um tipo de Antena Vivaldi.

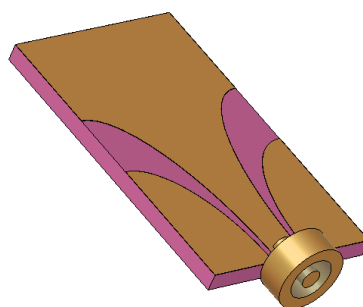


Figura 3.7 – Antena planar tipo Vivaldi

[Fonte: http://www.ramayes.com/emc_test_antennas.htm]

A antena Vivaldi é a antena diretiva mais popular para as aplicações comerciais em UWB por causa de sua estrutura simples e do tamanho reduzido (Vignesh, Kumar e Brindha, 2014). Elas são comumente usadas para imagens micro-ondas, comunicações sem fio e radares de penetração do solo. Foi proposta inicialmente por Gibson (Gibson, P.J., 1979) e passou por sucessivas evoluções. São projetadas segundo diferentes critérios, conforme as características finais desejadas ou especificadas. Os formatos da abertura entre seus condutores podem ter variações lineares, exponenciais, parabólicas, elípticas, entre outras (Almeida, Ribeiro e Ribeiro, 2013).

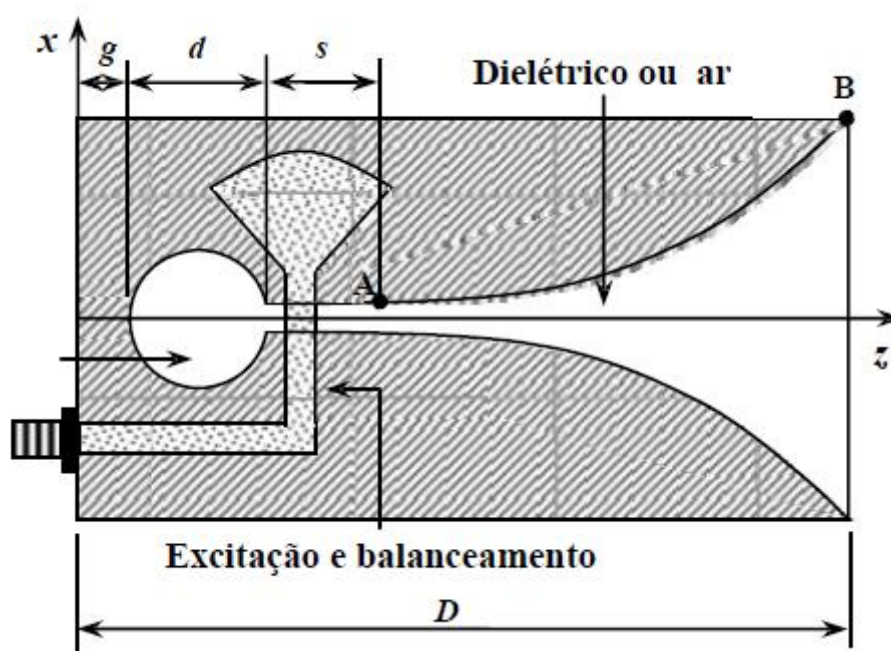


Figura 3.8 – Antena de abertura gradual (Vivaldi)

[Fonte: Almeida, Ribeiro e Ribeiro, 2013]

Algumas vezes, é excitada a partir de uma linha de transmissão de fenda, que pode apresentar elevada impedância característica, dificultando o casamento e limitando sua faixa de operação. Este inconveniente tem sido contornado a partir de um sistema de alimentação que combine microlinha de fita com elementos de balanceamento de impedância (baluns), segundo tecnologias usuais da faixa de micro-ondas.

As partes da antena Vivaldi que atuam na irradiação são representadas por aberturas que se modificam gradualmente. A modificação gradual pode ser analisada como uma fenda de separação variável segundo a coordenada z . Simultaneamente,

associa-se um modelo de linha de transmissão com ângulo de abertura e largura variáveis.

Tomando por referência a Figura 3.8, a excitação a partir da extremidade esquerda da antena garante uma distribuição de campo entre os eletrodos. Observa-se que em uma mesma coordenada z as correntes nos dois eletrodos fluem em sentidos opostos. Portanto, quando a separação entre esses eletrodos for muito pequena comparada com o comprimento de onda, os campos na região distante da antena tendem a se cancelar. Quando isto ocorrer, os eletrodos agem apenas como uma linha de transmissão. Se a frequência for tal que a separação começar a ser da mesma ordem de grandeza do comprimento de onda, haverá um campo de irradiação resultante. Assim, identifica-se uma região da antena em que se inicia o processo de emissão da energia eletromagnética. Com a mudança da frequência, o fato acontece em outra coordenada longitudinal. Se houver diminuição da frequência, a região de emissão desloca-se em direção à abertura da antena, pois há necessidade de maior separação por causa do aumento do comprimento de onda. Em frequências mais elevadas, a região de emissão desloca-se em direção ao vértice dos eletrodos, uma vez que a distância deve aproximar-se de um comprimento de onda menor. Desta maneira, consegue-se a operação em grandes larguras de faixa.

A antena Vivaldi, originalmente proposta por Gibson (1979), na forma coplanar, como ilustra a Figura 3.8, e posteriormente na forma antipodal por Gazit (1988), como é ilustrado na Figura 3.9. Esta antena é uma ótima candidata para dispositivos pequenos e compactos, na forma de único elemento ou em arranjos, pois pode ser construída diretamente e pelos mesmos processos de fabricação de placas de circuito impresso(PCB). Adicionalmente, essas antenas possuem baixo peso, pequenas dimensões, além de oferecerem considerável eficiência energética(Oliveira, 2016).

Todas essas características vêm gerando grande interesse em pesquisas sobre Antena Vivaldi há muitos anos, tanto para fins comerciais como para defesa.

O desenho original da antena, proposto por Gibson (1979), tem a largura de banda limitada em duas oitavas, sendo que esta limitação se deve principalmente pela técnica de transição na alimentação. Neste caso, a transição entre a microlinha em fita e o radiador de abertura é feita através de um *balun* de alimentação por toco (*stub*) e cavidade ressoadora, que produz perda de radiação elevada, além de distorcer os padrões de radiação em altas frequências.

Por isso, este trabalho não utilizará a Antena Vivaldi coplanar e sim a Antena Vivaldi Antipodal porque ela minimiza estes problemas.

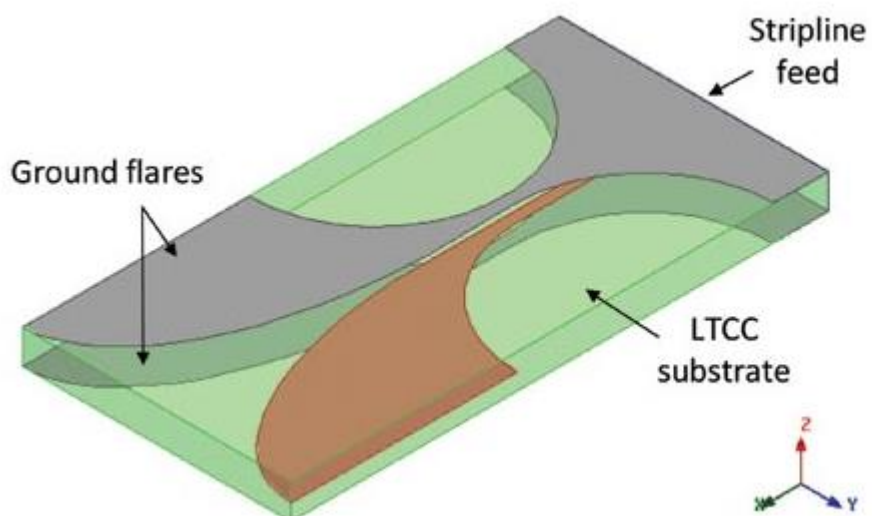


Figura 3.9 – Antena Vivaldi Antipodal

4 –MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE ANTENA VIVALDI

O estudo paramétrico e concepção da antena Vivaldi é calculado segundo três modelos diferentes: modelo *stripline*, modelo *stripline-slotline* e modelo antena. O modelo *stripline* inclui a seleção do material do substrato, a espessura do substrato e a largura do *stripline*. O comprimento do *stripline stub*, o comprimento do *slotline stub*, largura do *slotline*, comprimento e largura da antena, e *backwall offset* são os fatores determinados no modelo *stripline-slotline*. Por fim, o modelo de antena é a identificação e construção do comprimento do *slotline*, comprimento do afunilamento (*taper*), abertura da boca e o limite *offset*.

Neste modelo os eletrodos obedecem a uma equação do tipo:

$$x = C_e \exp(\xi z) + C_f \quad (4.1)$$

na qual C_e e C_f são constantes fixadas pelos pontos de início e final da curva exponencial e ξ é um fator que determina a rapidez de variação da exponencial. O ponto A é fixado pelas coordenadas x_a e z_a e o ponto B é definido por x_b e z_b . Com os valores especificados, obtêm-se as constantes necessárias em (4.1). Os resultados são:

$$C_e = \frac{x_b - x_a}{e^{(\xi z_b)} - e^{(\xi z_a)}} \quad (4.2)$$

$$C_f = \frac{x_a e^{(\xi z_b)} - x_b e^{(\xi z_a)}}{e^{(\xi z_b)} - e^{(\xi z_a)}} \quad (4.3)$$

A seleção do substrato dielétrico é uma das características mais essenciais para a concepção de uma antena Vivaldi. As características importantes de um material de substrato são a sua constante dielétrica, tangente de perdas, e a espessura do dielétrico. O substrato FR4 com uma constante dielétrica de 4,4 foi o escolhido.

A espessura efetiva do substrato dielétrico (*teff*) é definida como mostrado na Equação 4.4.

$$\frac{teff}{\lambda_0} = \left(\sqrt{\epsilon_r} - 1 \right) \frac{t}{\lambda_0}, \quad (4.4)$$

onde λ_0 , é o comprimento de onda no espaço livre.

Um projeto antena ideal é alcançado pelo ajuste dos seguintes parâmetros: ângulo de alargamento e largura da garganta. A antena Vivaldi foi desenvolvida, para operar na faixa de 3.1 - 10 GHz. A antena Vivaldi foi simulada em substrato de FR4

com uma constante dielétrica relativa de 4,4, espessura de 1,6 mm e tangente de perdas de 0,025.

O projeto foi modelado no software Antenna Magus e simulado no software CST Studio Suite 2016© . A Figura 4.1, mostra abertura de um novo projeto no software Antenna Magus que está incluso no software CST Studio Suite 2016.

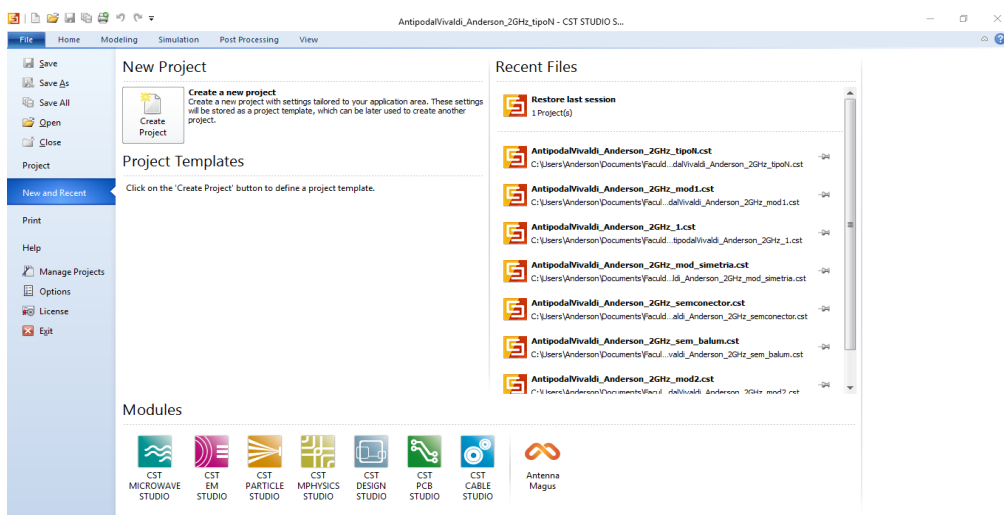


Figura 4.1 – Ferramenta Antenna Magus no CST 2016.

Na figura 4.2, mostra a tela inicial do software Antenna Magus.

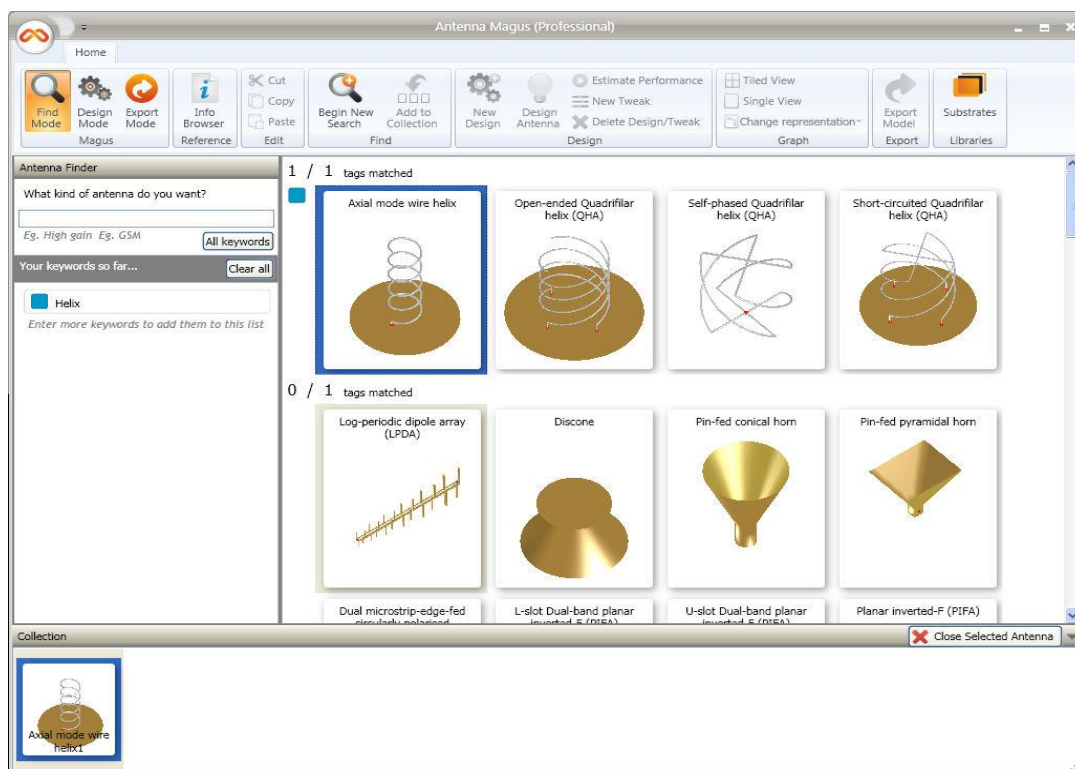


Figura 4.2 – Tela inicial da ferramenta Antenna Magus.

Antena Vivaldi com conector SMA

Na figura 4.3, está as duas faces da antena Vivaldi antipodal, modelada para atuar entre as frequências de 3.1 a 10 GHz.

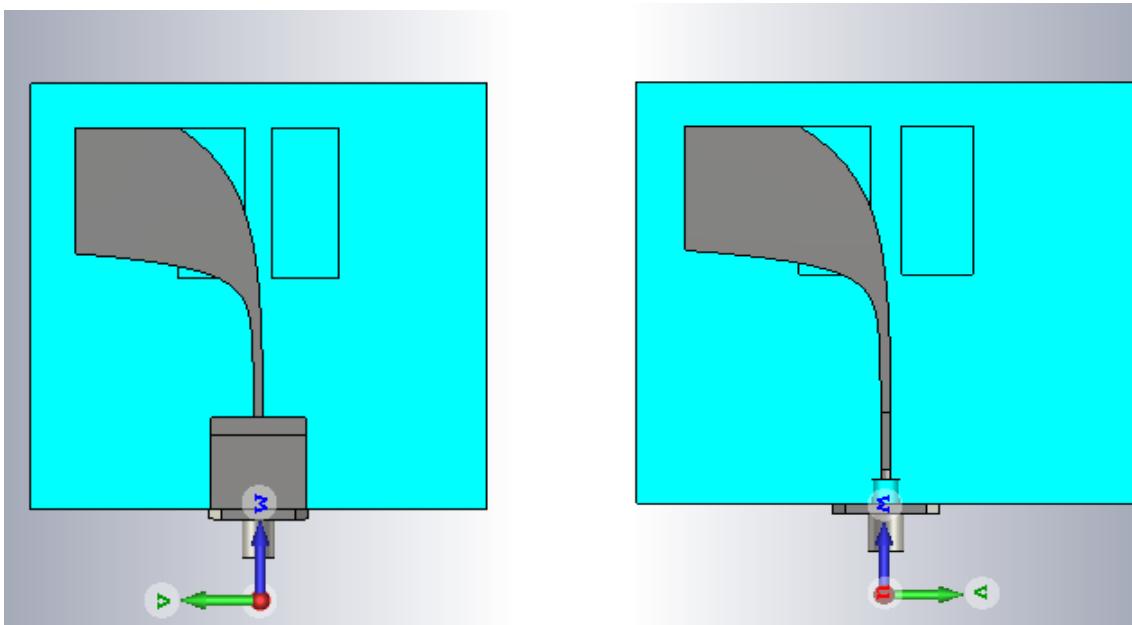


Figura 4.3 – Antena Vivaldi antipodal modelada.

Na Figura 4.4, mostra as 2 faces da antena com as cotas das dimensões. Estas dimensões foram alcançadas com o auxílio do software Antenna Magus, que ajuda seus usuários, otimizando as equações supra citadas que modelariam a antena.

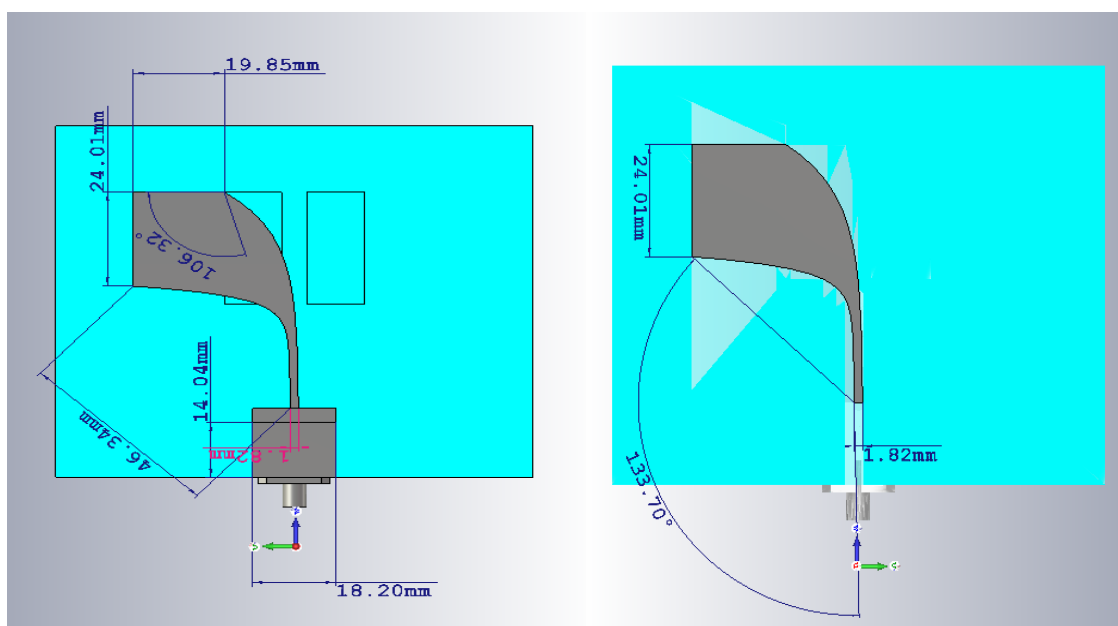


Figura 4.4 – Dimensões da antena Vivaldi antipodal modelada.

A Figura 4.5 mostra a o módulo do coeficiente de reflexão (S_{11}) simulado em função da frequência para a antena Vivaldi modelada. Um valor inferior ou igual a -10 dB é o limiar para entrar em operação. É este limiar de -10 dB que determina a largura de banda operacional. Do gráfico pode-se verificar que a banda de operação é de aproximadamente 0,6 GHz e a largura de banda fracionária, dada pela Equação 1.1, igual a:

$$\text{largura de banda fracionária} = 2 \cdot \frac{3,2 - 2,6}{3,2 + 2,6} \cong 0,207$$

O valor da largura de banda fracionária acima qualifica a antena proposta para operação em sistemas UWB.

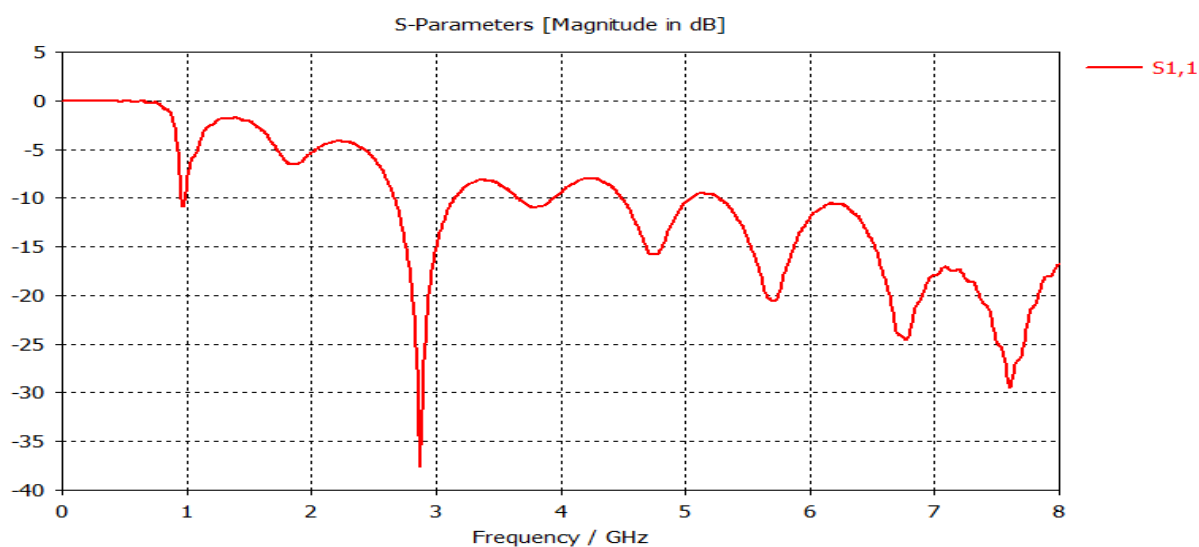


Figura 4.5 – Módulo do coeficiente de reflexão de entrada (S_{11}).

A Figura 4.6 mostra o campo distante da antena Vivaldi para a frequência de 2,5 GHz.

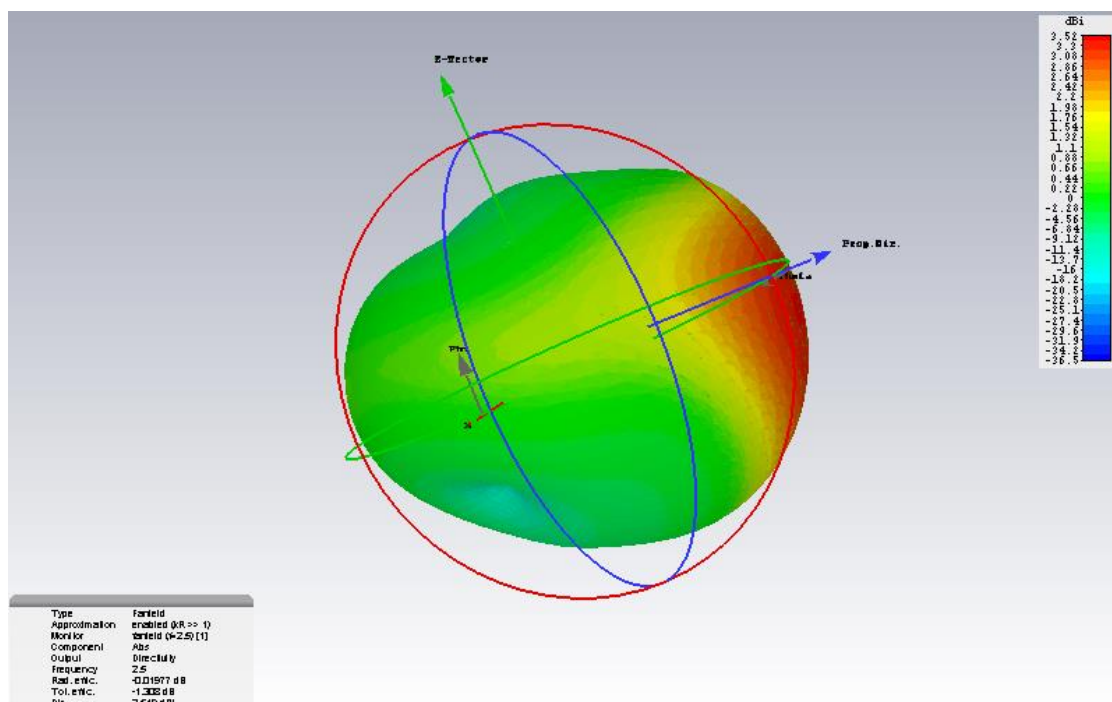


Figura 4.6 – Campo distante da antena Vivaldi na frequência de 2,5 GHz.

A Figura 4.7 mostra o campo distante da antena Vivaldi para a frequência de 3 GHz.

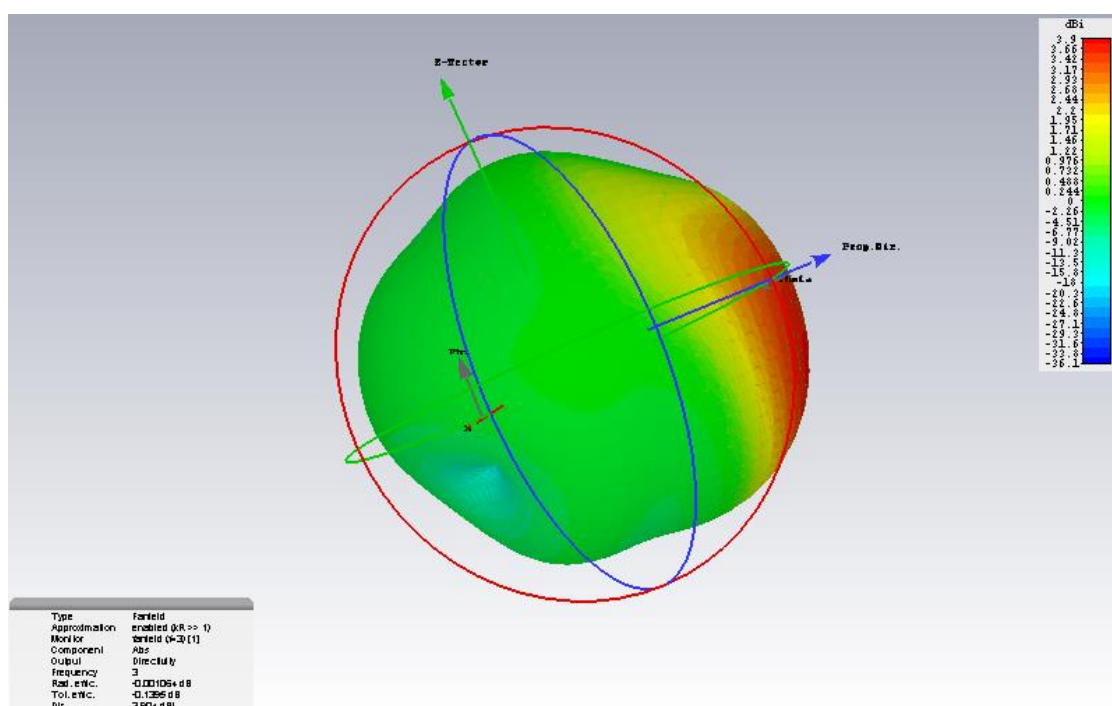


Figura 4.7 – Campo distante da antena Vivaldi na frequência de 3 GHz.

A Figura 4.8 mostra o campo distante da antena Vivaldi para a frequência de 3,5 GHz.

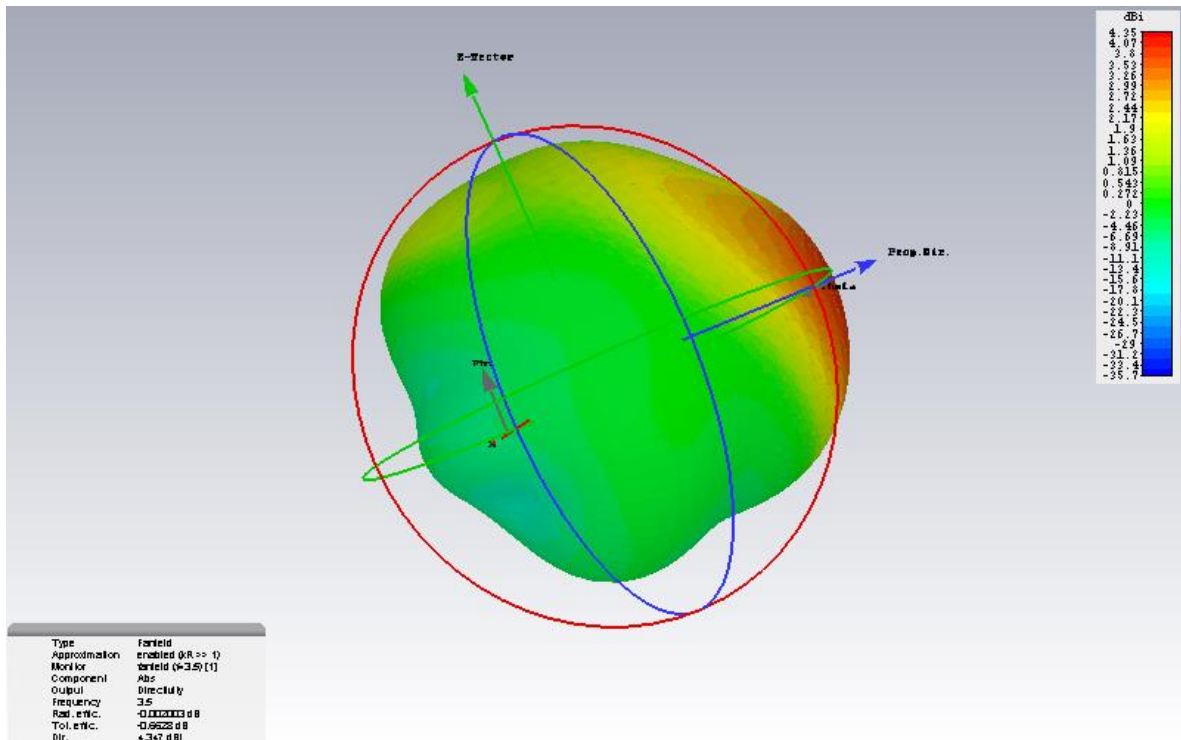


Figura 4.8 – Campo distante da antena Vivaldi na frequência de 3,5 GHz.

A figura 4.9, apresenta a carta de Smith da simulação, com o valor da impedância de entrada para algumas frequências.

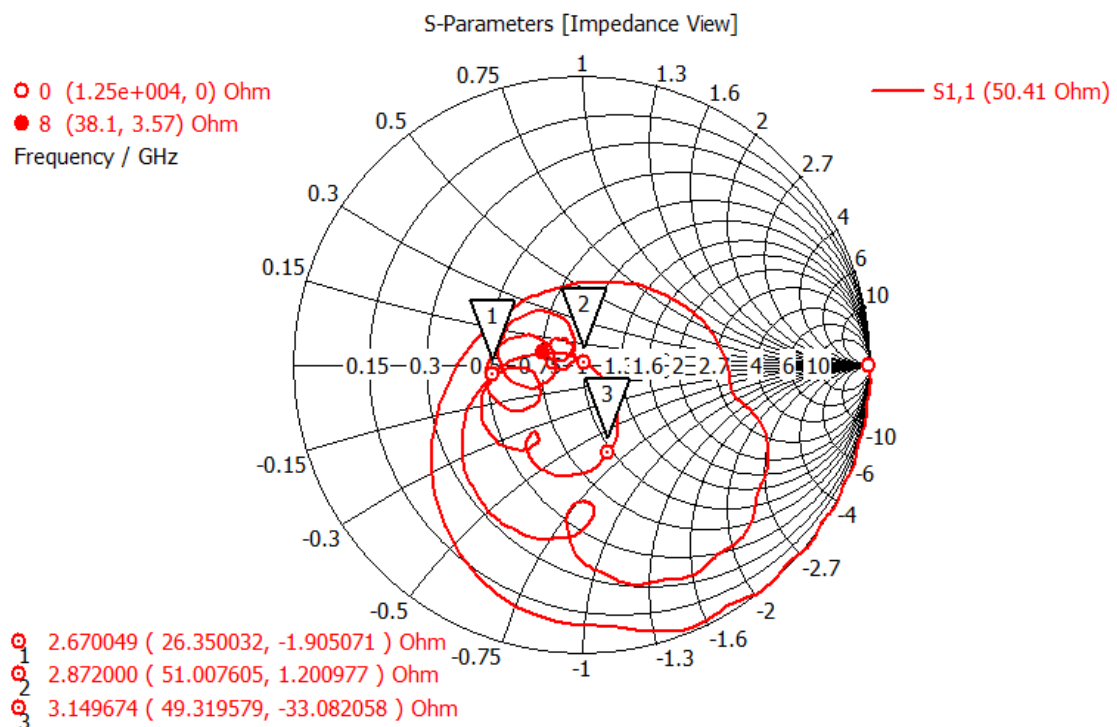


Figura 4.9 – Carta Smith da antena simulada.

Depois do desenvolvimento da antena Vivaldi antipodal, resolveu-se variar alguns parâmetros da antena, afim de comparar o quanto estes parâmetros afetam o seu funcionamento. Os parâmetros alterados foram: o balun de entrada, a simetria entra as faces e conector de entrada.

O primeiro parâmetro a ser testado, foi a falta de um balun. Desta forma não haveria um casamento de impedâncias entre a antena e o cabo. A figura 4.10, ilustra como ficou a antena sem o balun.

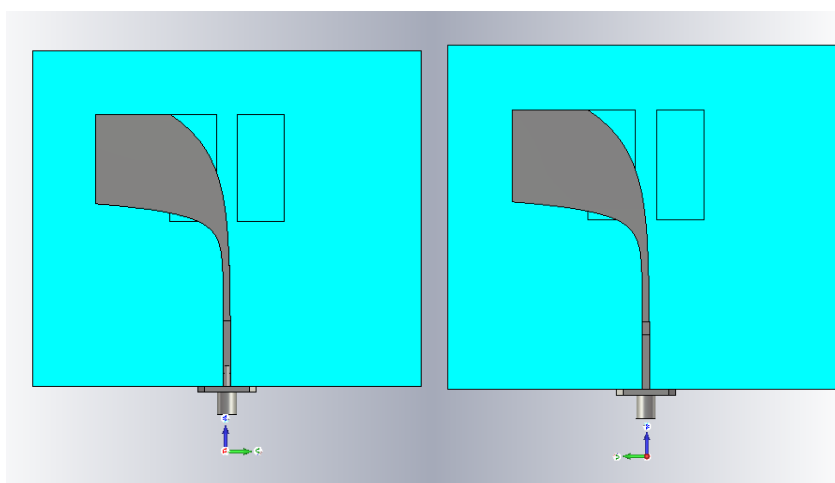


Figura 4.10 – Antena antipodal Vivaldi sem balun

O gráfico do do coeficiente de reflexão, mostrado na figura 4.11, ilustra a diferença que esta modificação causou.

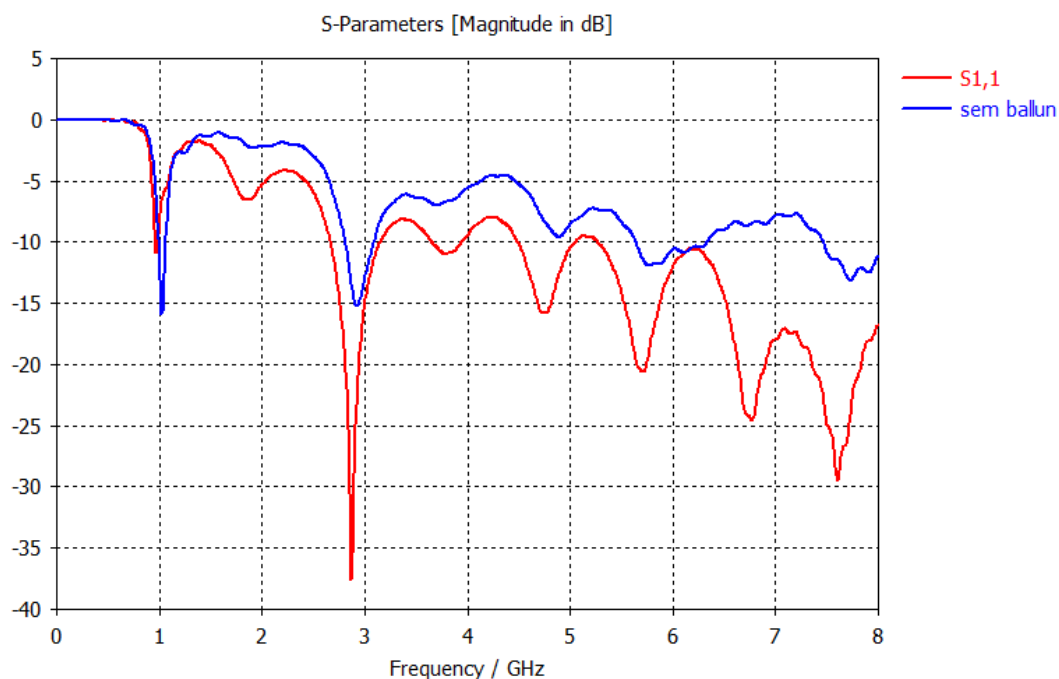


Figura 4.11 – Comparação entre a antena sem balun com a antena completa

Conforme mostra a Figura 4.11 nos mostra, a antena sem balun fica com a operação muito comprometida. E não serviria para uma aplicação UWB. Isso se deve ao não casamento de impedâncias, que leva a antena a um alto nível de reflexão de sinal.

O próximo parâmetro a ser testado é a ausência do conector SMA. Como é mostrado na Figura 4.12.

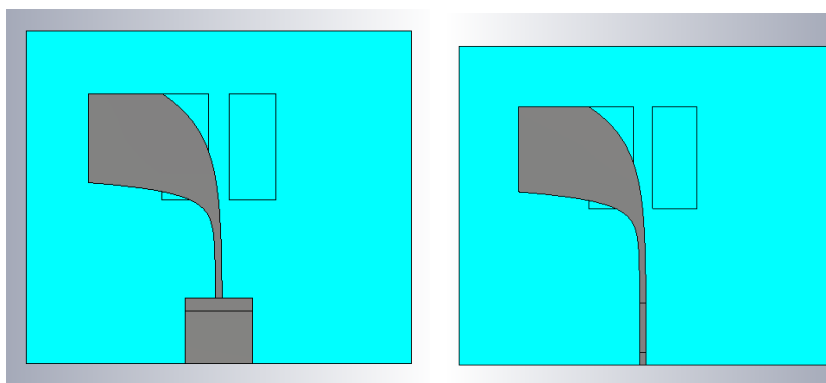


Figura 4.12 - Antena antipodal Vivaldi sem conector SMA

O gráfico do parâmetro do coeficiente de reflexão, que aparece na figura 4.13, ilustra a diferenças que esta modificação causou.

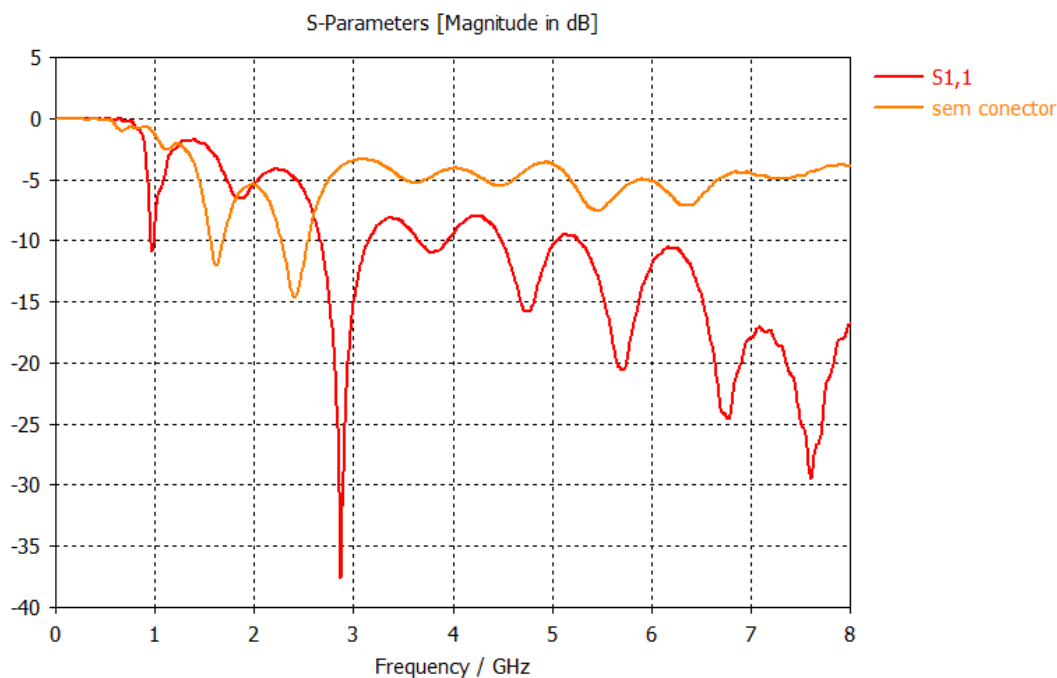


Figura 4.13–Comparação entre a antena sem conector com a antena completa

Como mostrado na figura 4.13, a antena também, quase não entra em operação e com isso ela não serviria para aplicações UWB.

O último parâmetro a ser testado foi a falta de simetria entre as duas faces, a Figura 4.14 mostra como ficou a antena sem a simetria entre suas faces.

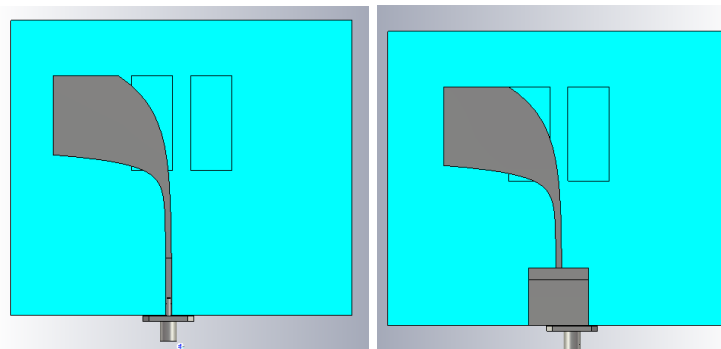


Figura 4.14 - Antena Vivaldi antipodal sem simetria entre as faces.

O gráfico do coeficiente de reflexão da Figura 4.15 ilustra a diferenças que esta modificação causou.

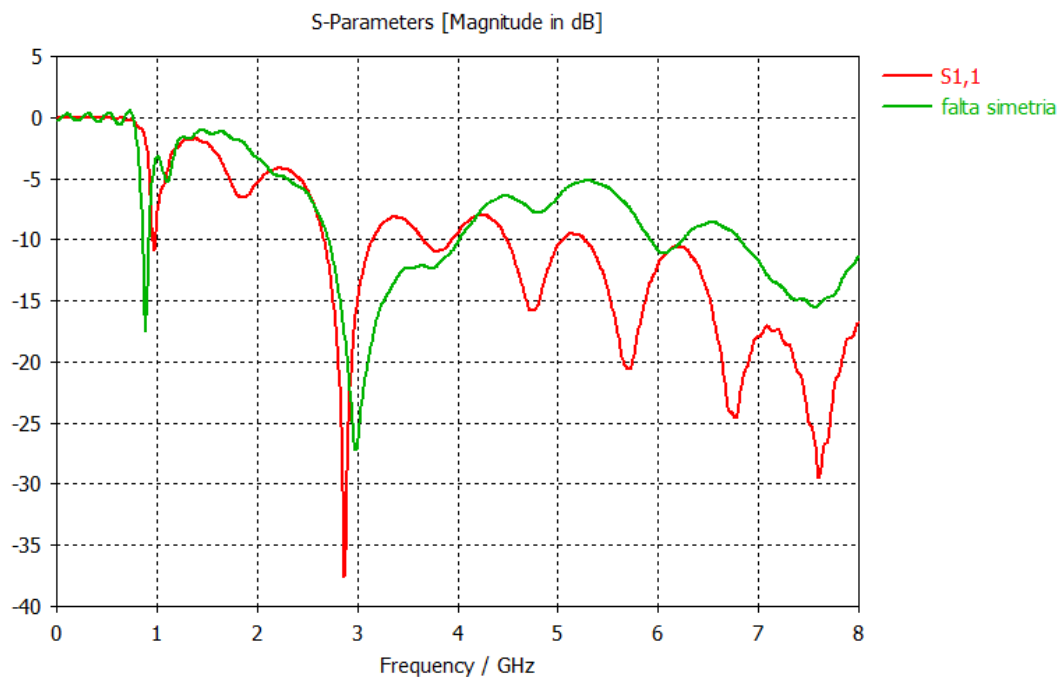


Figura 4.15–Comparação entre a antena sem simetria com a antena completa

Como mostra o gráfico da Figura 4.15, a falta de simetria acaba diminuindo seu desempenho e sua faixa de operação.

A Figura 4.16, mostra a comparação entre o modelo completo e os modelos que tiveram os parâmetros alterados.

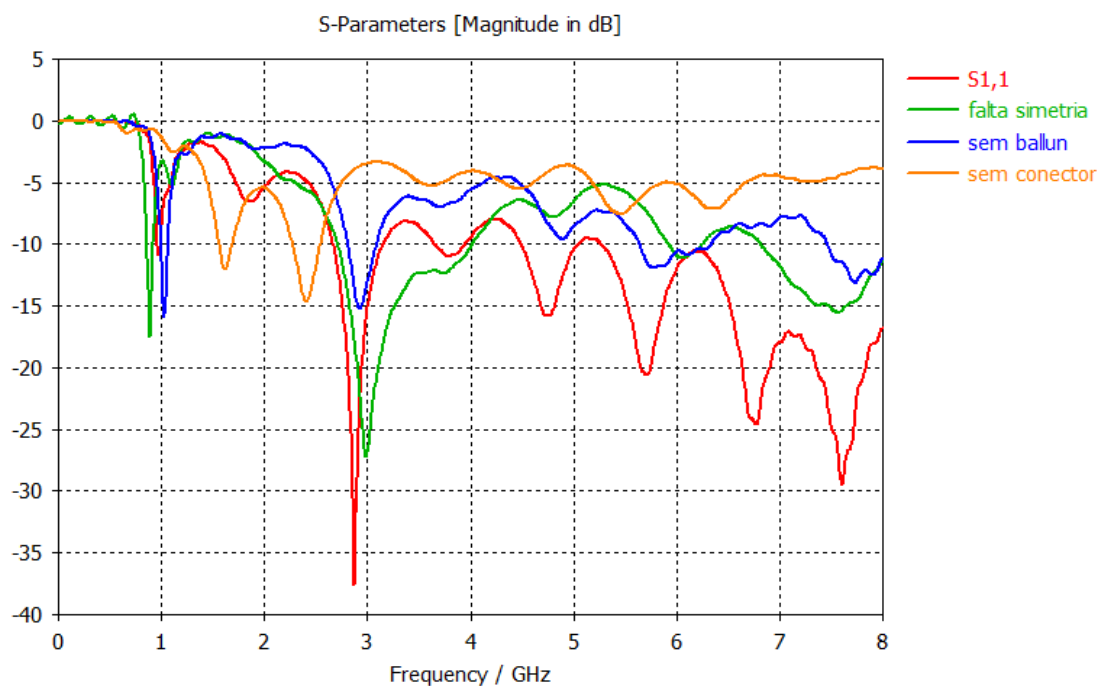


Figura 4.16 – Comparação entre os modelos da antena antipodal Vivaldi

Antena Vivaldi com conector Tipo N

Na Figura 4.17, está as duas faces da antena antipodal com o conector Tipo N, modelada para atuar entre as frequências de 3.1 a 10 GHz.

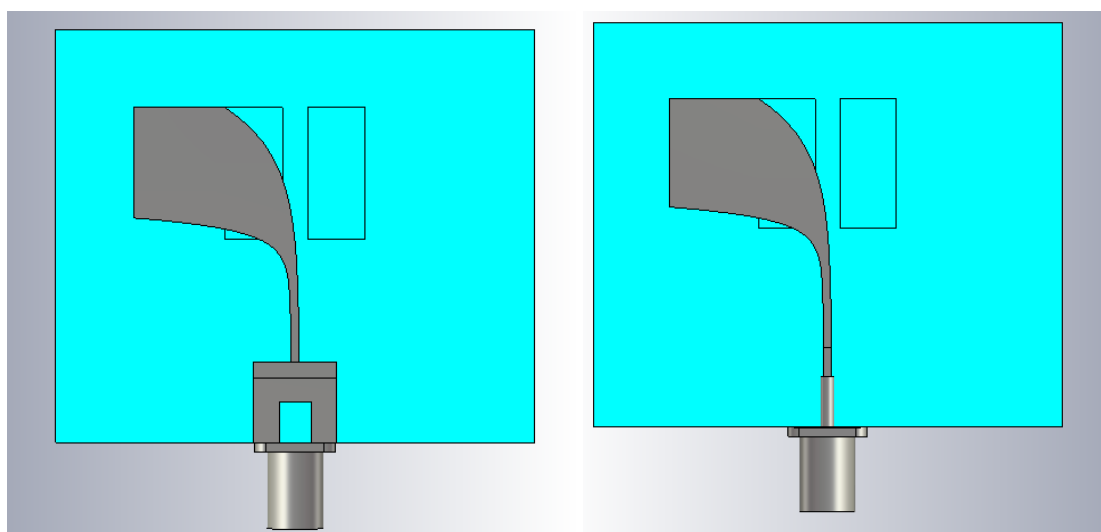


Figura 4.17 – Antena Antipodal Vivaldi com conector Tipo N

Na Figura 4.18, apresenta o gráfico do coeficiente de reflexão da antena antipodal Vivaldi com conector Tipo N.

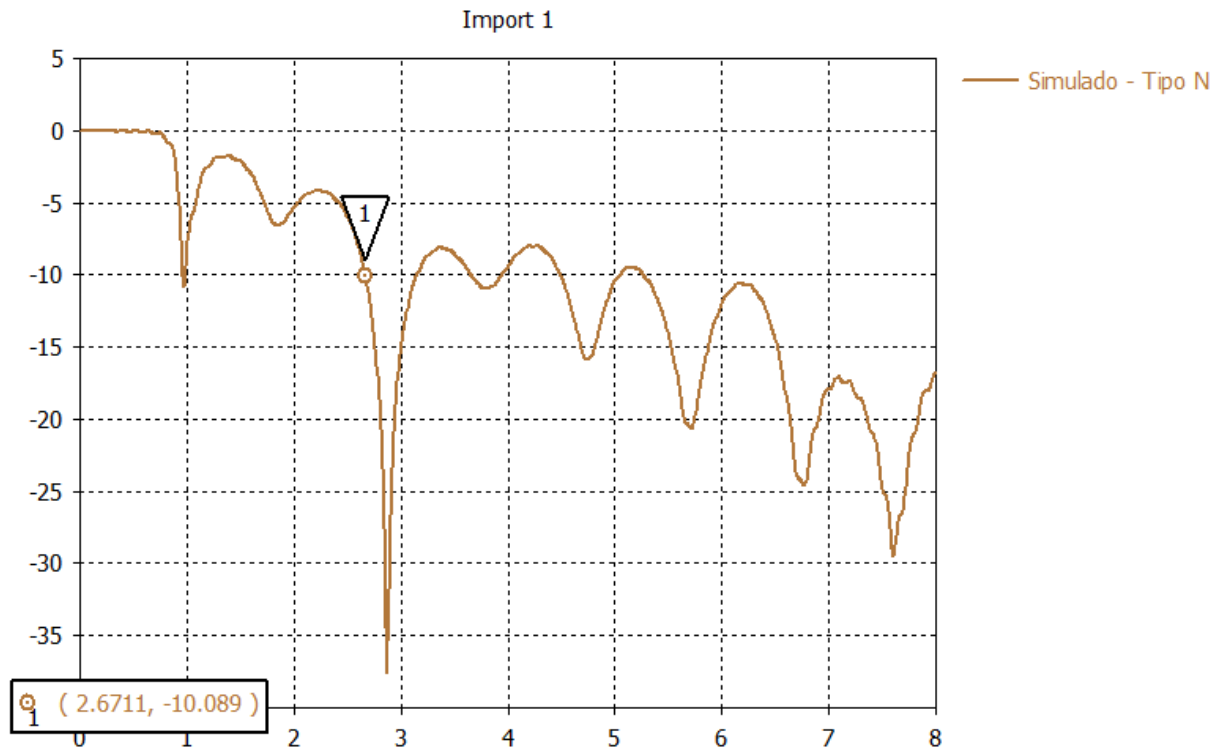


Figura 4.18 – Módulo do coeficiente de reflexão de entrada ($S_{1,1}$).

Analisando o gráfico da Figura 4.18, pode-se concluir que a troca de conector não influencia nos resultados obtidos da antena.

5 – RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os procedimentos para a fabricação do protótipo e os resultados obtidos, para comprovar o desempenho da antena UWB proposta. Compara-se, ainda, o resultado da melhor simulação com as medições experimentais da antena fabricada, com o objetivo de verificar a coerência de ambos os resultados, para validar a hipótese. Finalmente, realizam-se a síntese e as discussões dos resultados obtidos.

A antena fabricada foi baseada na simulação teórica e é ilustrada nas figuras abaixo.

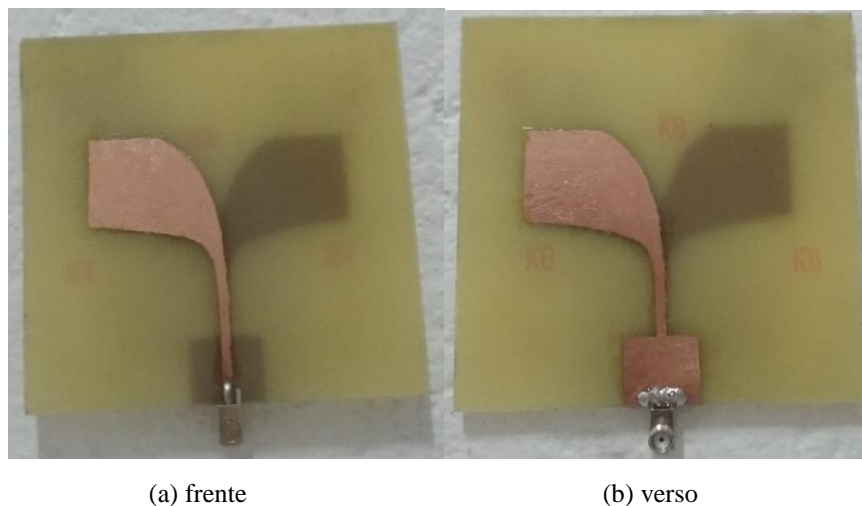


Figura 5.1 – Antena Vivaldi antipodal fabricada.

A antena foi fabricada em uma placa FR4 com as especificações de projeto. Ela foi desenhada através de um molde com a ajuda de uma caneta retroprojetora. Depois de desenhada, a placa foi colocada em um recipiente que continha perclorato de ferro. E o resultado é mostrado na Figura 5.1.

5.1- Resultados e análises

Nesta seção, mostra-se a análise dos resultados dos parâmetros de perda de retorno, ganho e diagrama de irradiação da antena, na faixa de 3,1 a 10 GHz.

Para as medições experimentais, foram utilizados:

- VNA: analisador de rede vetorial Rohde e Schwarz (R&S® ZVB8), de 1 a 8 GHz. O VNA foi configurado para trabalhar na frequência de 1 a 8 GHz.

Ainda, para que esse dispositivo não influencie na resposta ao impulso, de forma a ocasionar um descasamento de impedância, todos possuem uma impedância de 50Ω .

Na figura 5.2 mostra o equipamento VNA utilizado nos testes.

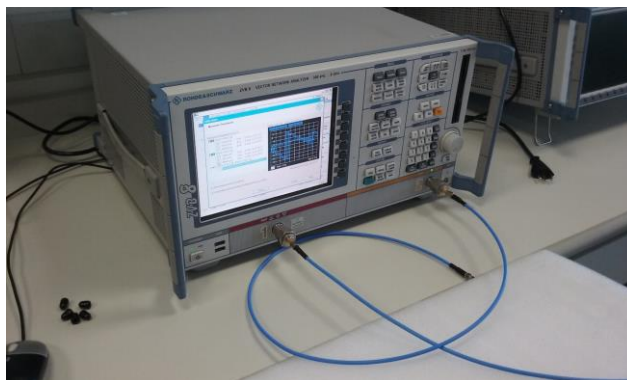


Figura 5.2 – Vector Network Analyser (VNA).

Os resultados práticos foram coletados no laboratório 403-1. A Figura 5.3, mostra todo o aparato montado para a coleta de dados.

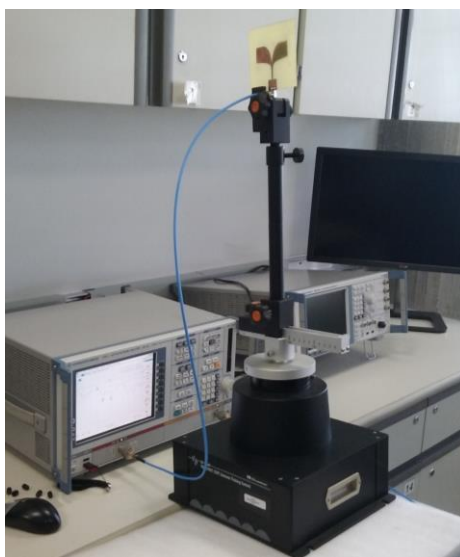


Figura 5.3 – Montagem do aparato para a coleta de dados.

O valor permitido de perda de retorno para definição da largura de banda da antena é menor ou igual a -10dB , sendo que, quanto mais negativo o valor, melhor o desempenho da antena.

Nesse ambiente (laboratório 403-1), realizou-se a coleta do valor experimental do parâmetro (perda de retorno) da antena fabricada. As figuras 5.4 e 5.5 mostram os dois diagramas do experimento.

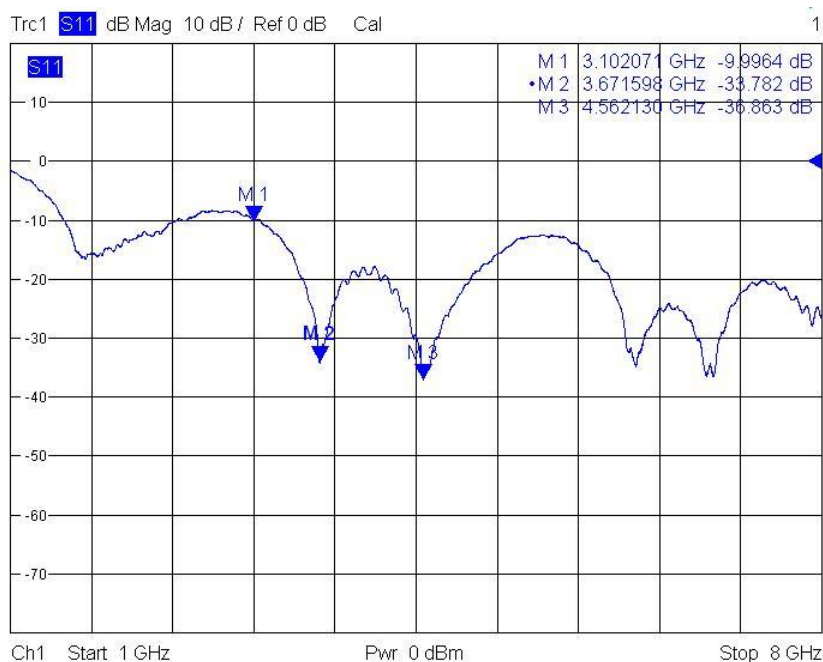


Figura 5.4 - Módulo do coeficiente de reflexão de entrada (S_{11}) - experimental.

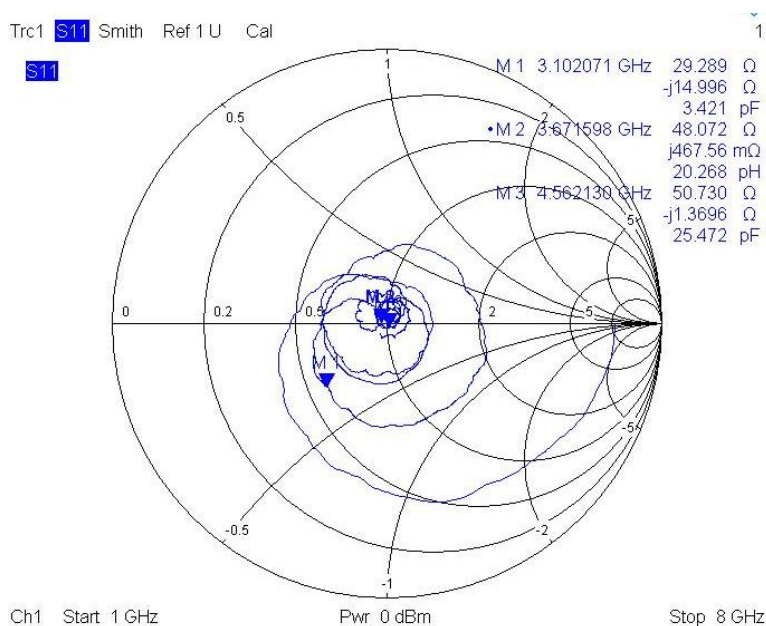


Figura 5.5 – Carta de Smith

Na carta de Smith, verifica-se que os pontos marcados, onde estão os vales do retorno, são exatamente onde a impedância está próxima a 50Ω .

A Figura 5.6 mostra a comparação dos valores obtidos do parâmetro S no domínio da frequência, entre o simulado no software e na prática. Portanto, os valores medidos indicam que a antena fabricada pode ser utilizada para as aplicações de WPAN em UWB.

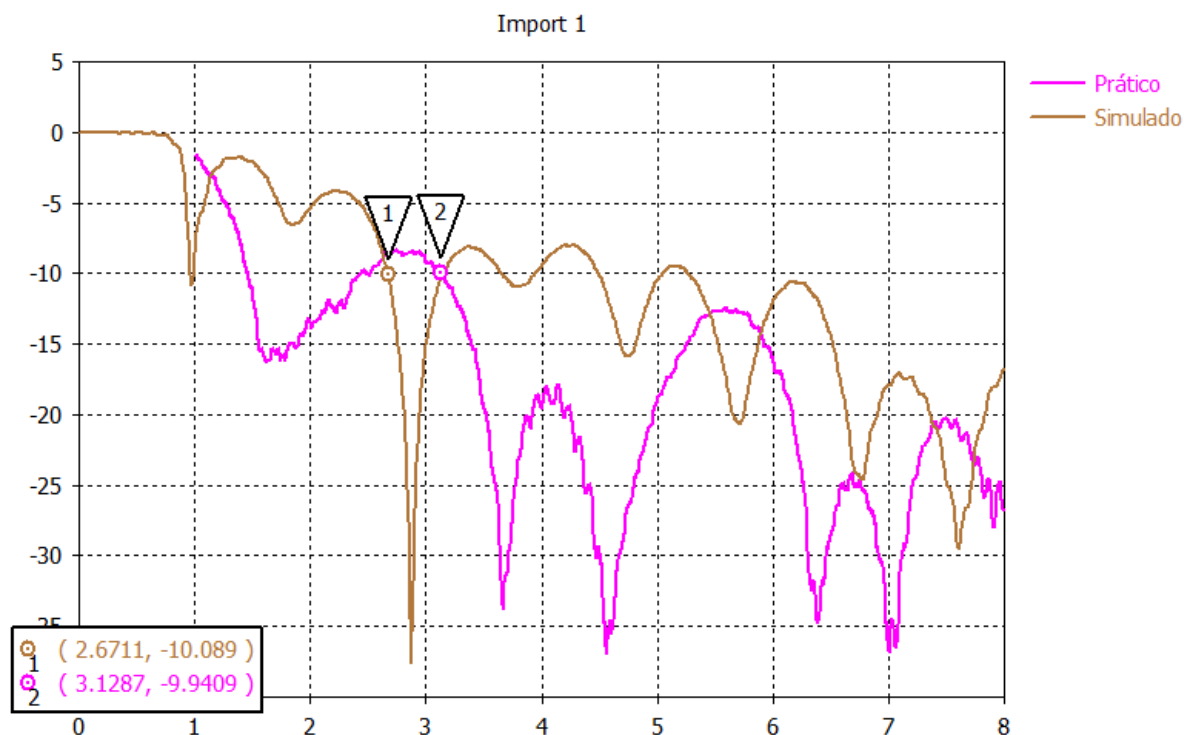


Figura 5.6 – Comparação do parâmetro S11 entre o simulado e medido na prática.

Realizada a análise dos valores dos parâmetros de perda de retorno, comprovou-se que a proposta apresenta bom desempenho na faixa de 3,1 a 10 GHz.

Por fim, os resultados obtidos na simulação e na experiência mostram que a maior parte do valor obtido não foi exatamente semelhante. As condições que envolvem o experimento devem ser consideradas, como irradiação da antena no ambiente.

Pelo que foi avaliado houve um deslocamento de aproximadamente 450Mhz, entre o início de operação da antena simulada e da fabricada. O deslocamento é causado pela forma de irradiação da antena. Este deslocamento pode variar dependendo do processo de construção. Algumas técnicas são utilizadas para diminuir este deslocamento, como corrugação e fractais.

Alguns trabalhos relacionados foram consultados para afirmar esta hipótese. Um destes trabalhos consultados foi a Tese de Doutorado de Orrillo Ascama e a Figura 5.7 foi retirada desta tese para ilustrar o comportamento da antena fabricada.

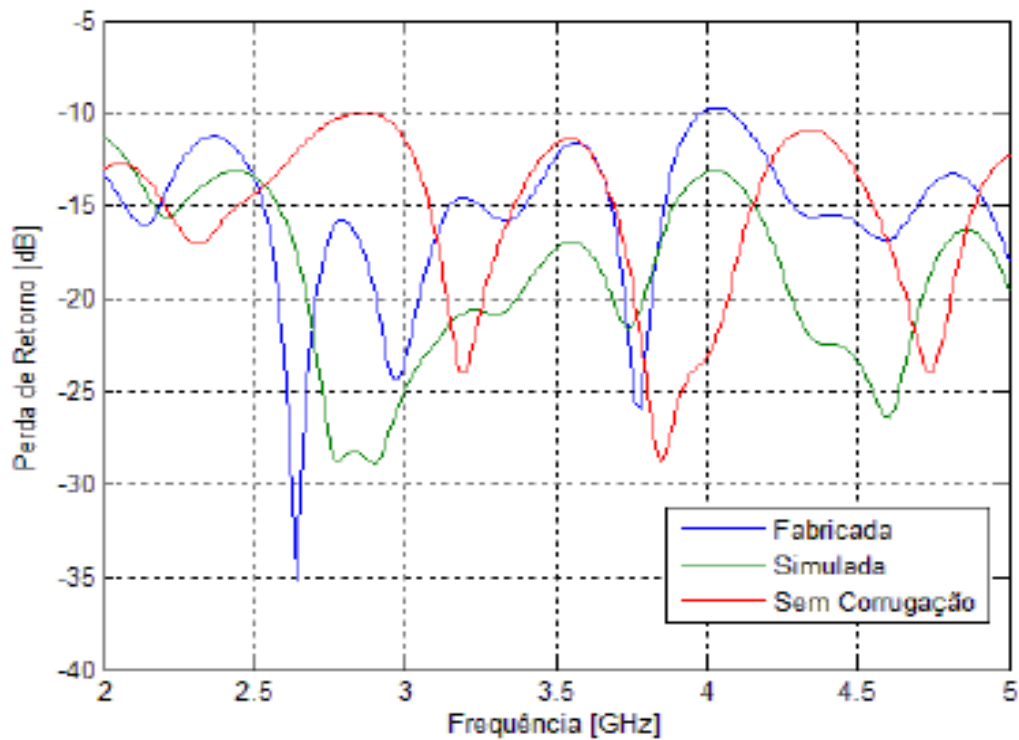


Figura 5.7 – Comparação de perda de retorno entre as antenas.

Na figura 5.7 nos apresenta 3 antenas: a fabricada, a simulada e a sem corrugação. A antena fabricada é antena corrugada, como mostra a Figura 5.8.



(a) frente

(b) verso

Figura 5.8 – Antena Vivaldi corrugada.

Devido ao deslocamento e a diferença de largura de banda, entre a antena simulada e a fabricada, começou-se uma investigação sobre estes resultados. E foi detectado que uma das possíveis causas podem ser os cabos com conectores SMA que não são originais do kit de calibração do VNA, como mostra a Figura 5.9.



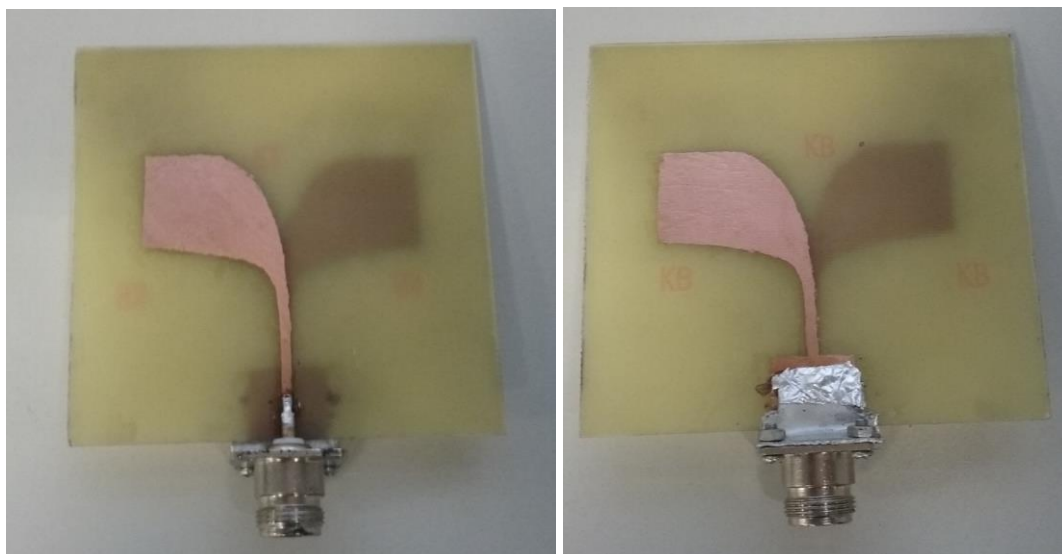
Figura 5.9 – Kit de calibração R&S e cabos com conectores SMA.

Para uma conclusão mais exata decidiu-se trocar o conector SMA da placa por um conector N. Porque o kit de calibração para este tipo de conector era original do equipamento VNA. A Figura 5.10, mostra o kit de calibração original do equipamento para conectores tipo N.



Figura 5.10 – Kit de calibração e cabos com conectores N.

Desta forma, trocou-se o conector SMA por um tipo N. A Figura 5.11 mostra como ficou a placa depois desta modificação.

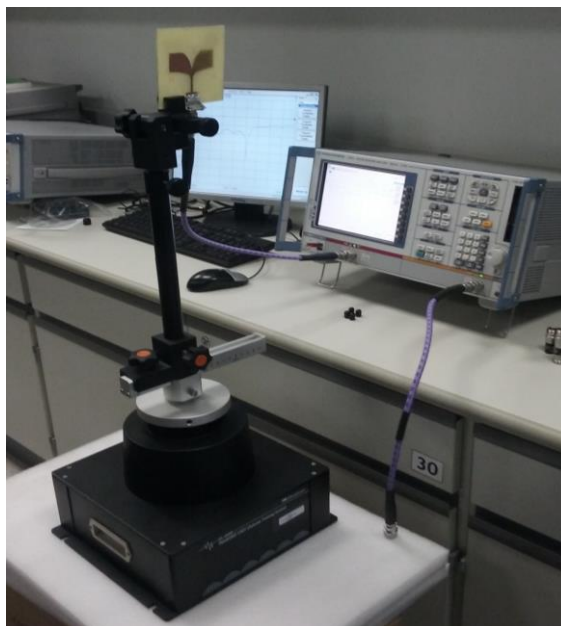


(a) frente

(b) verso

Figura 5.11 – Placa fabricada com o conector tipo N

A placa foi testada no mesmo equipamento VNA, mas desta vez utilizando o kit de calibração tipo N. A Figura 5.12, mostra todo o aparato montado para a coleta de dados.

**Figura 5.12 – Aparato montado para a coleta de dados.**

Com o conector tipo N, foram obtidos os resultados apresentados nas Figuras 5.13 e 5.14.

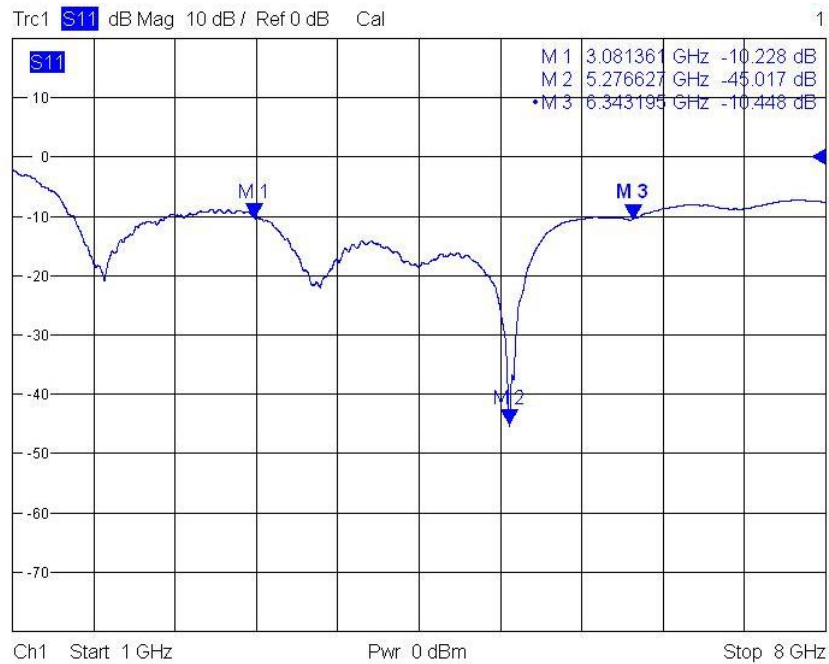
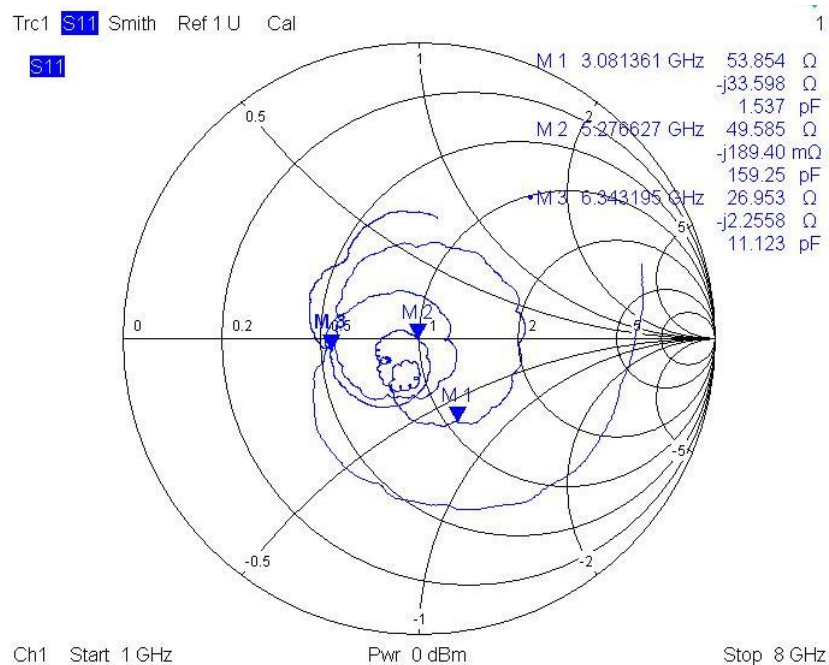


Figura 5.13 - Módulo do coeficiente de reflexão de entrada ($S_{1,1}$) - experimental.



5.14 – Carta de Smith

No gráfico da figura 5.15, comparou-se as 2 medidas obtidas: simulada e antenna fabricada com conector Tipo N.

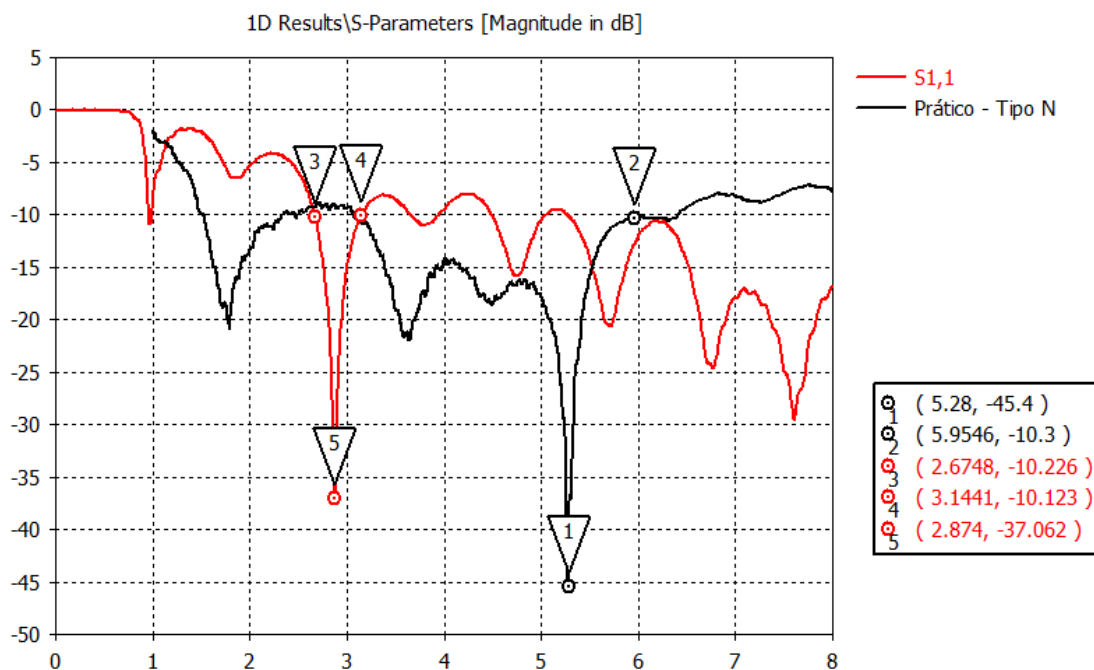


Figura 5.15 – Comparação do parâmetro S11 entre o simulado e o medido, com o conector N.

Com o auxílio do gráfico da Figura 5.15, pode-se verificar que a antenna fabricada com o conector tipo N apresentou uma resposta melhor do que com o conector SMA. A resposta da antenna com o conector Tipo N foi mais estável e com uma faixa de operação bem definida (aproximadamente 3 GHz).

Deste modo confirmou-se a influência dos cabos utilizados na calibração SMA, dado que não compõem o kit original do equipamento VNA.

6 – CONCLUSÃO

Neste trabalho, foi apresentado o projeto, fabricação e caracterização de uma antena UWB para aplicações em sistemas WPAN. O desempenho da antena para este tipo de aplicação foi avaliado experimentalmente.

Foram atingidos os seguintes objetivos específicos:

- a) aprofundar os conhecimentos sobre a tecnologia UWB;
- b) conhecer e ter uma visão crítica sobre os tipos de antenas UWB;
- c) saber qual o tipo de antena mais propicia para determinadas aplicações;
- d) modelar e simular uma antena;
- e) fabricar a antena proposta;
- f) testar experimentalmente a antena e concluir se a mesma seria útil para a aplicação pré determinada.

Para o tipo de antena estudada, mostrou-se que sempre há um deslocamento na frequência entre a antena simulada e fabricada, devido a distribuição da energia eletromagnética no substrato que afetam a fase das correntes que fluem ao longo das bordas externas dos planos de irradiação.

Mostrou-se também, que a antena cumpriu o compromisso de trabalhar na faixa de operação do sistema WPAN (3,1 a 10 GHz), para o qual foi desenvolvida.

7 - BIBLIOGRAFIA

- < www.gta.ufrj.br>, acesso em 13.05.2014
- Tiago C Marins, Controle de Banda e Sintonia de Antenas Monopolo Planar para sistemas UWB, Dissertação de Mestrado, UFPA, Belém, 2007.
- Copovilla, C. E, Antenas planares aplicadas às Comunicações Móveis de últimas gerações utilizando elementos Quasi-Yagi. Dissertação de Mestrado, UNICAMP, 2004.
- Nóbrega, C. L., "Otimização dos Parâmetros de Monopolos Planares de Microfita para Aplicações em Sistemas de Banda Ultra Larga", 2008, Dissertação de Mestrado, UFRN, Natal - RN.
- Magnus E.G., "Desenvolvimento de uma ferramenta para ensaios de EMI conduzida de baixo custo", 2001, Dissertação de pós Mestrado, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - RS.
- Souza, V.V.C. e Farah, L.M., "Aplicações da tecnologia UWB em sistemas de comunicação sem fio e construção de antenas de Banda Larga", 2008, Dissertação de Graduação, Universidade de Brasília.
- de Menezes, G.C.B, "Análise do comportamento de antenas sob sinais de largura de faixas ultraelevadas", 2009, Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Telecomunicações.
- de Abreu, A.S., "Desenvolvimento de monopólios quase espirais para aplicações em sistemas UWB", 2009, Dissertação para pós graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, RN.
- Ascama, H.D.O., "Radar UWB: Antena e mecanismo para detecção de pessoas", 2010, Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, SP
- Balanis, Constantine A., Teoria das antena: Analise e Síntese Vol. 1 e 2, 2005, Editora LTC.
- Junqueira, C., Perotoni, M, Filho, B.S.A., Vicenti, R e Canto, M.A., "Caracterização de Antena de Impulso tipo corneta no domínio do tempo".
- Junqueira, C.; Perotoni, M.; Filho, B.S.A., "Análises de Impulsos em Antenas UWB".

- Louis E., Frenzel Jr., Fundamentos de Comunicação Eletrônica – Volume 2, Editora Bookman, 2013.

- NBR IEC 601-1, Segurança de aparelhos eletromédicos – Parte 1, 1 ed, 1995.

- IEC 60950, Safety for apparatus of information technology

- NBR-IEC/CISPR 11, Limites e métodos de medição de características de perturbação eletromagnética em radiofrequência de equipamentos industriais, científicos e médicos, 1 ed, Ago.1995.

- Milligan, T.A., Modern Antenna Design – Segunda Edição, editor IEEE Press, 2005.

- Rajamaran, R., Design of a wideband Vivaldi antenna array for the snow radar, Coimbatore Inst. Of Tech, 2001.

- Vignesh, N., Kumar, G.A.S., Brindha, R., Design and Development of a tapered Slot Vivaldi Antenna for Ultra-Wide Band Application, Research Paper, International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, Volume 4, May 2014.

- Gibson, J. P., The Vivaldi Aerial, Proc. 9th European Microwave Conference, 1979, pp. 101-105.

- Othman, K.A., Hamzah, N., Designing Vivaldi Antenna with Various Sizes using CST Software, Proceedings of the World Congress on Engineering, Vol II, London, U.K., 2011.

- de Almeida, I.M.A., Ribeiro, G.H., Ribeiro, J.A.J., Antena de abertura gradual para micro-ondas, Manuscrito submetido ao Instituto Nacional de Telecomunicações – Inatel, 2013.

- de Oliveira, A.M., Desenvolvimento e otimização de antenas Vivaldi antipodais para a aplicações a altas frequências, Tese de Doutorado em Engenharia Elétrica – Universidade de São Paulo, 2016.