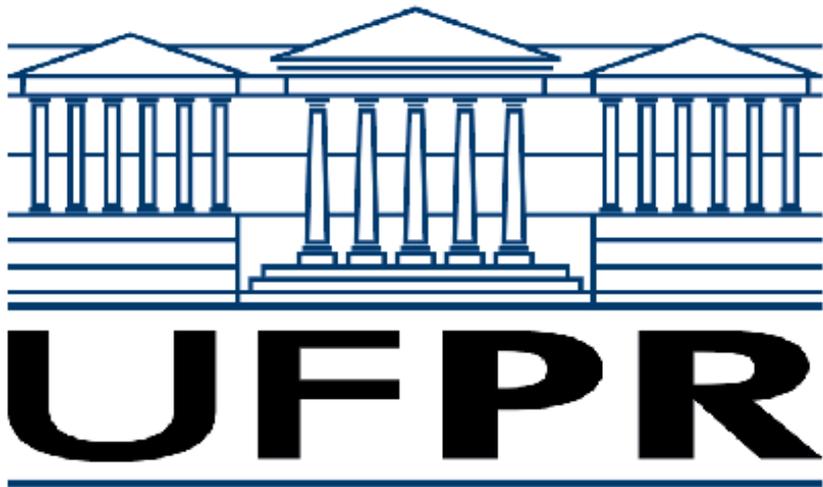
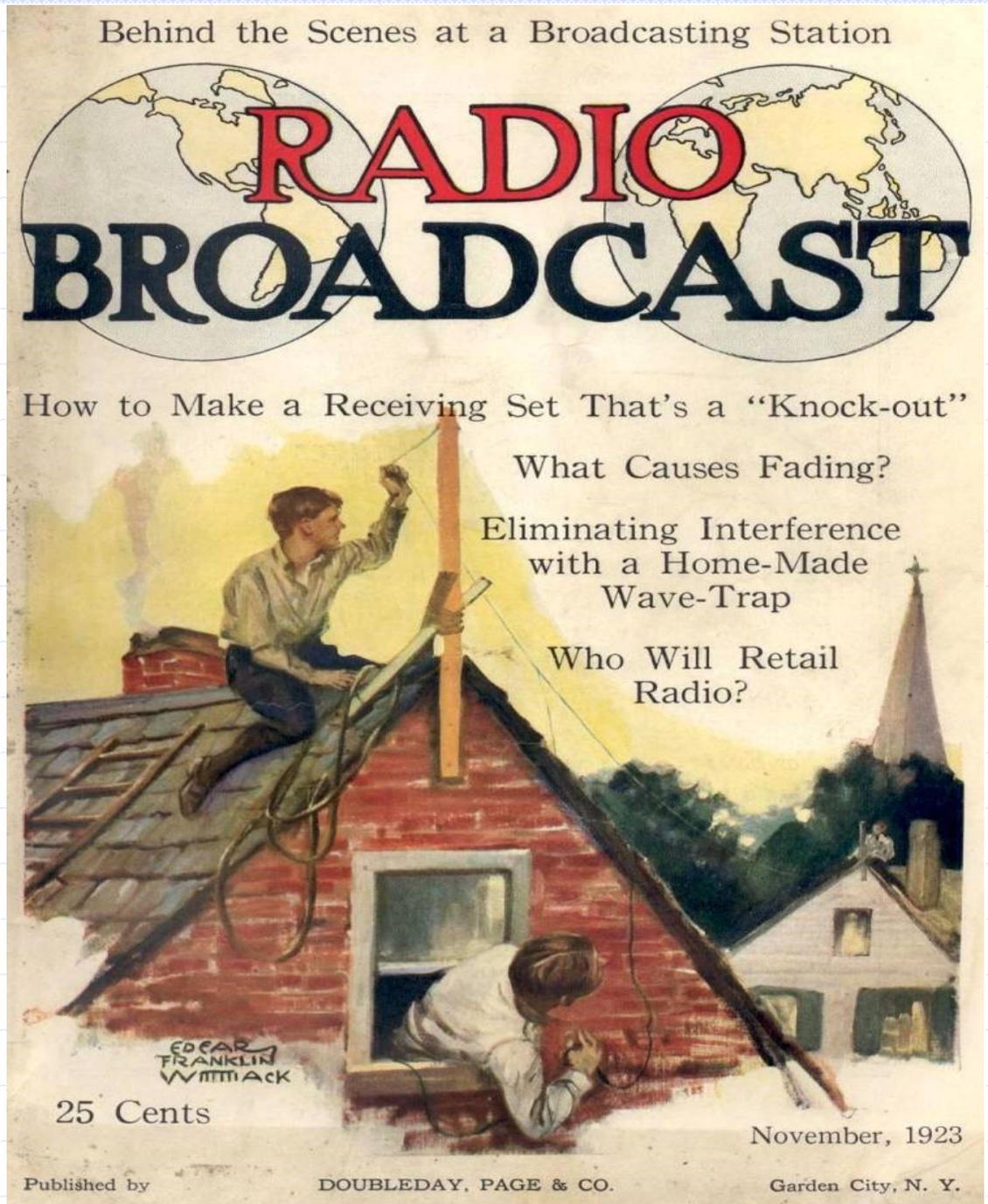


Antenas

Ewaldo Lulz de Mattos Mehl
Universidade Federal do Paraná
Departamento de Engenharia Elétrica
mehl@ufpr.br



Antennas





Antenas

- Ondas Eletromagnéticas
- Linha e Antena
- Cálculos em dB / dBi

Ondas Eletromagnéticas - OEM

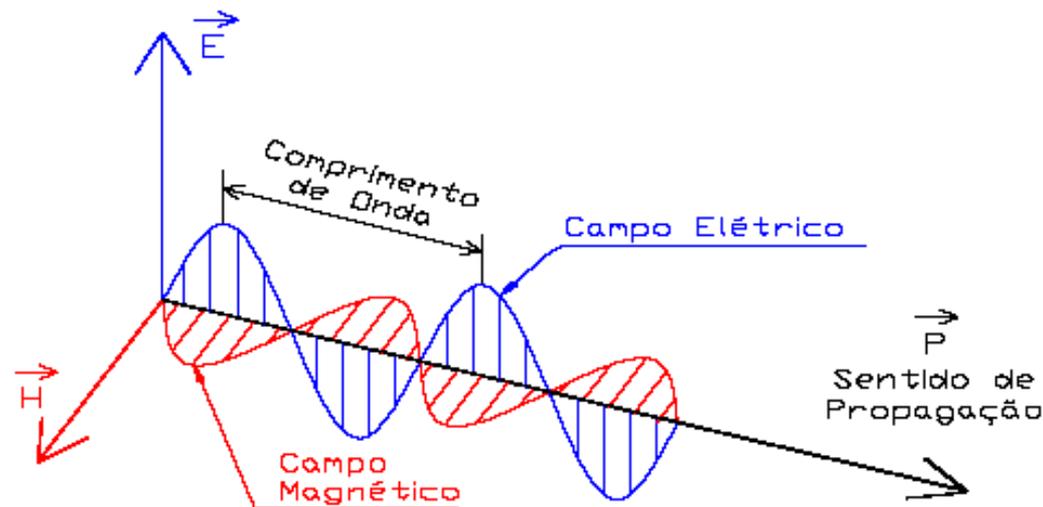
- ♦ **Conceito:** Perturbação física composta por um campo elétrico (E) e um campo magnético (H) variáveis no tempo, perpendiculares entre si, capaz de se propagar no espaço.

Frequência: número de oscilações por unidade de tempo (Hz).

Velocidade de propagação: depende do meio onde a onda se propaga. A velocidade máxima de uma OEM é a velocidade da luz, 300.000 km/s, no vácuo.

Comprimento de onda: distância percorrida pela onda durante um ciclo. É definido pela velocidade de propagação dividida pela frequência.

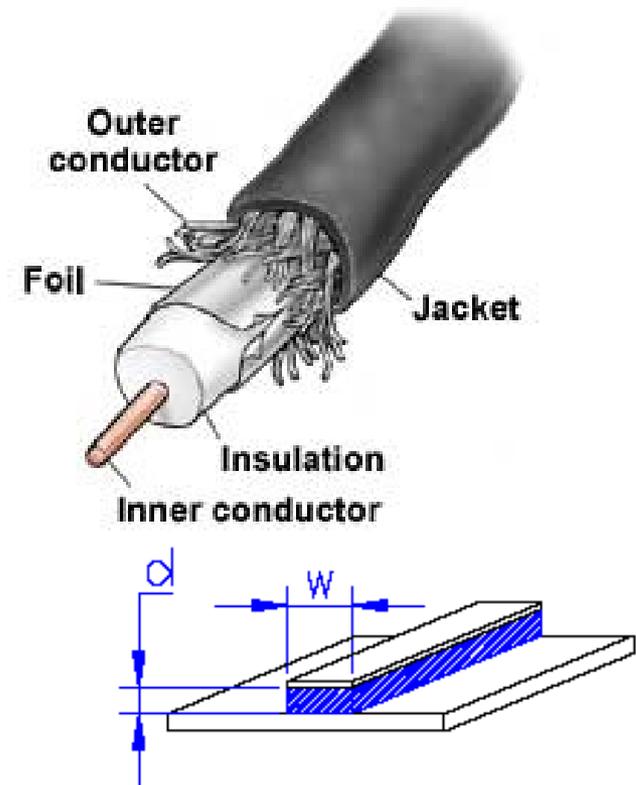
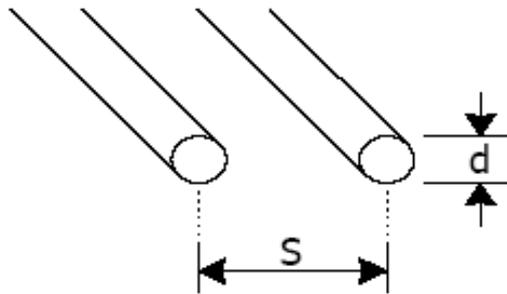
$$\lambda_{\text{vácuo/ar}} (m) = \frac{300}{f (MHz)}$$



Linhas de Transmissão

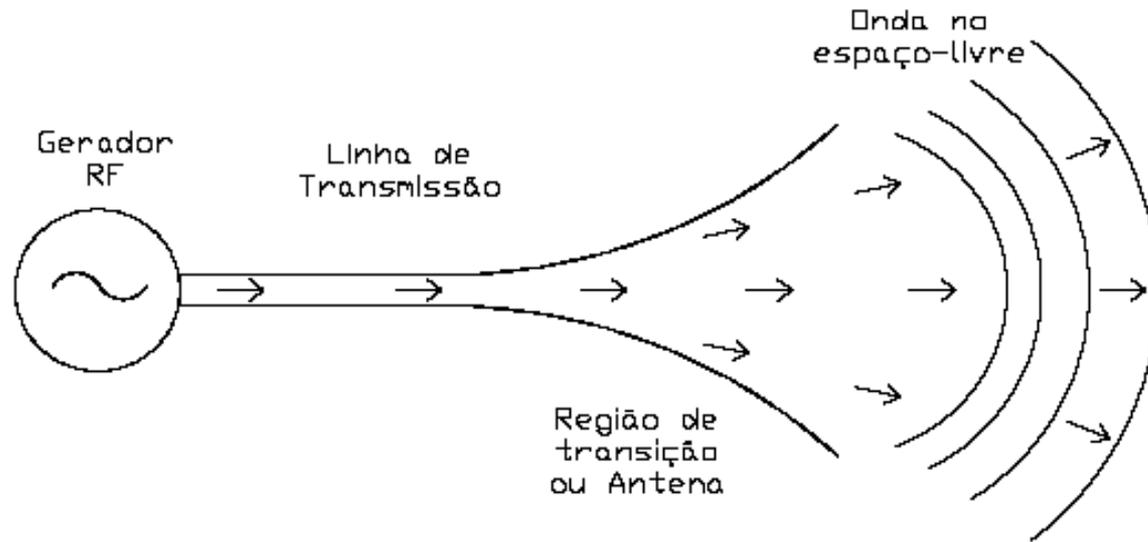
- ◆ É uma linha com dois ou mais condutores isolados por um dielétrico que tem por finalidade fazer com que uma OEM se propague de modo guiado.
- ◆ Esta propagação deve ocorrer com a menor perda possível.

As linhas de transmissão podem ser construídas de diversas maneiras, cabos paralelos, pares trançados, microstrip, cabos coaxiais, guias de onda, etc.



Antenas

- ♦ A abertura física de uma LT paralela que transporta uma OEM, proporciona uma variação senoidal de potencial (Volts) e de corrente (Amperes) nos condutores, provocando o aparecimento de linhas de campo magnético e elétrico variáveis em torno do dipolo formado, dando origem a uma onda eletromagnética que se propaga.



Cálculos em Decibel (dB)

- Uso de grandezas em dB simplifica os cálculos.
- dB é usado em rádio-freqüência porquê as potências estendem-se em uma faixa muito ampla de valores.
- Dobrar a potência de transmissão = aumentar a saída em **3 dB**
- Potência de Saída de um rádio: em dBm (dB milliwatts = dBm)
Transmissor de **500mW** = saída de **27 dBm**
Transmissor de **1W** = saída de **30 dBm**

Transceptores de WiFi (2.4 GHz):

Valor típico de um Cartão PCMCIA: **15dBm** (30 mW)

Valor típico de um Acess Point: **23 dBm** (200 mW)

Conversão de dBm para watts

dBm	Watts	dBm	Watts	dBm	Watts
0	1.0 mW	16	40 mW	32	1.6 W
1	1.3 mW	17	50 mW	33	2.0 W
2	1.6 mW	18	63 mW	34	2.5 W
3	2.0 mW	19	79 mW	35	3.2 W
4	2.5 mW	20	100 mW	36	4.0 W
5	3.2 mW	21	126 mW	37	5.0 W
6	4 mW	22	158 mW	38	6.3 W
7	5 mW	23	200 mW	39	8.0 W
8	6 mW	24	250 mW	40	10 W
9	8 mW	25	316 mW	41	13 W
10	10 mW	26	398 mW	42	16 W
11	13 mW	27	500 mW	43	20 W
12	16 mW	28	630 mW	44	25 W
13	20 mW	29	800 mW	45	32 W
14	25 mW	30	1.0 W	46	40 W
15	32 mW	31	1.3 W	47	50 W

TE155-Redes de Acesso sem Fios

dBi

- Ganho de uma Antena: medido em **dBi**
- dBi = “**decibéis em relação à antena isotrópica**”
- Ganho da antena isotrópica: **0 dBi**
- Conforme a geometria da antena o ganho pode ser muito elevado, podendo ser superior a 30 dBi (isso significa que estamos **CONCENTRANDO** a potência de transmissão de um rádio através da antena)
- Exemplo:

Rádio com **1 W** de saída = **30 dBm**

Antena com ganho de **24 dBi** ligada na saída do rádio

Total: $30 \text{ dBm} + 24 \text{ dBi} = 54 \text{ dB}$

= **MAIS DE 200W DE POTÊNCIA !!!**

Antena Isotrópica (0 dBi)

$D_p =$ Densidade de Potência

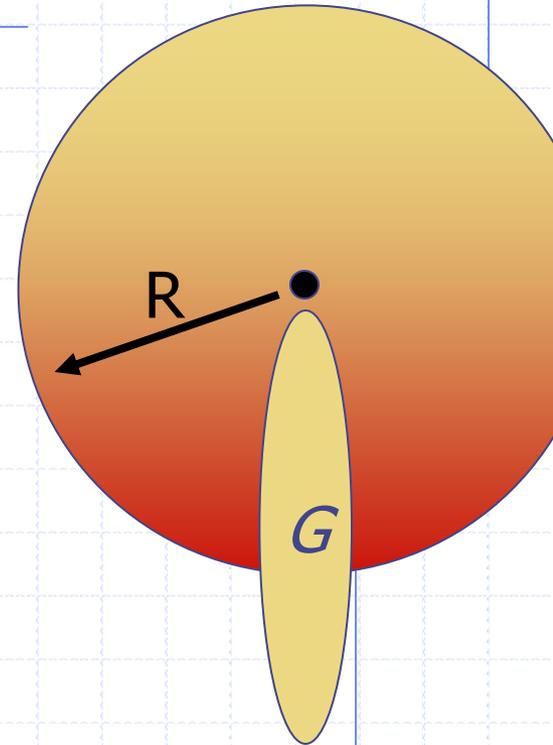
$$D_{P_{isotrópica}} = \frac{P}{A_e} = \frac{P}{4\pi R^2}$$

$G =$ Concentração em uma direção

$$D_{P_{antena}} = G \frac{P}{4\pi R^2}$$

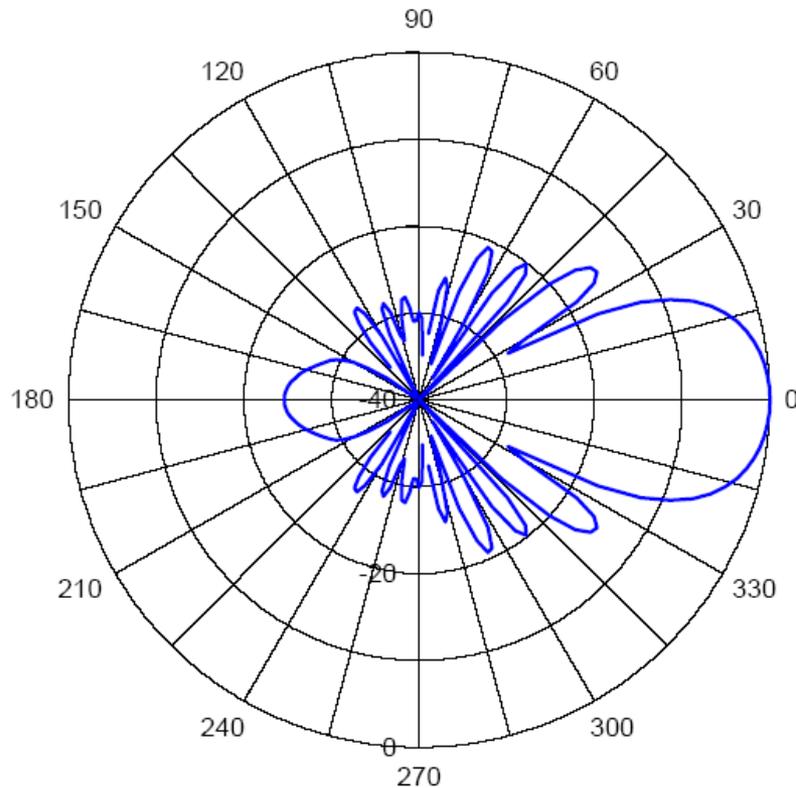
$$G_{dBi} = 10 \log_{10} \left(\frac{D_{P_{antena}}}{D_{P_{isotrópica}}} \right) = 10 \log_{10} \left(\frac{\frac{P \cdot G}{4\pi R^2}}{\frac{P}{4\pi R^2}} \right)$$

$$G_{dBi} = 10 \cdot \log_{10}(G)$$

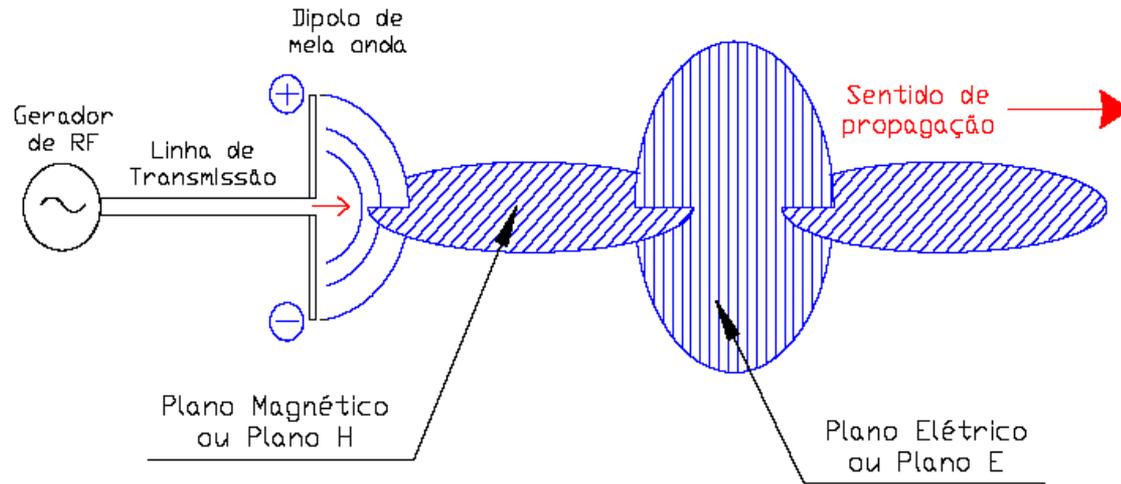


Antenas Reais

Na prática a potência não se irradia da antena de forma totalmente concentrada



Polarização de Antenas



$E =$ Intensidade de Campo Elétrico
 $H =$ Intensidade de Campo Magnético

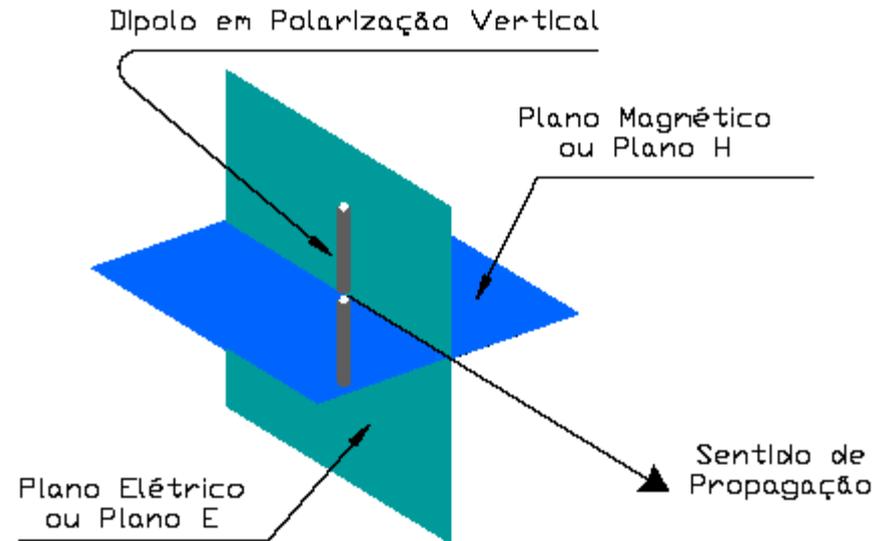
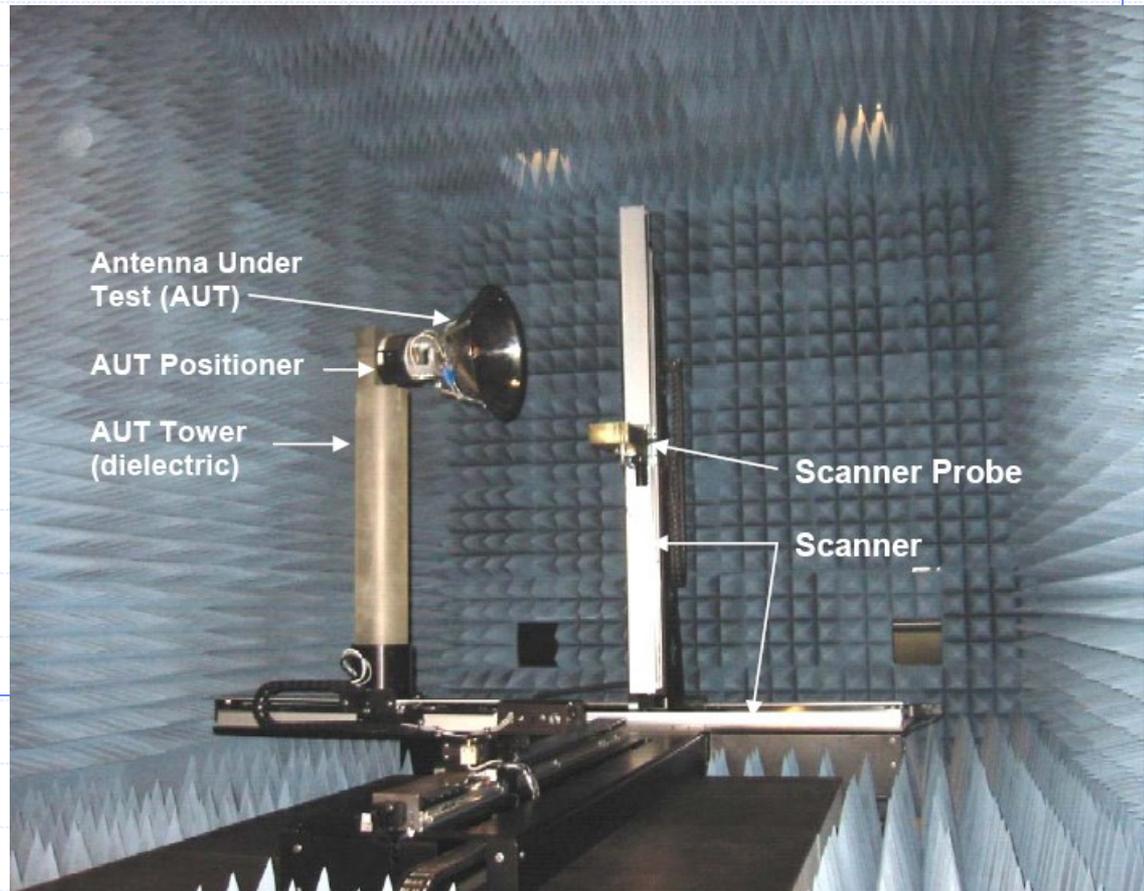


Diagrama de Irradiação de uma Antena

É uma representação gráfica da forma como energia eletromagnética se distribui no espaço.

O diagrama pode ser obtido tanto pelo deslocamento de uma antena de prova em torno da antena que se está medindo, como pela rotação desta em torno do seu eixo, enviando os sinais recebidos a um receptor capaz de discriminar com precisão a frequência e a potência recebidas



Câmara Anecóica de RF

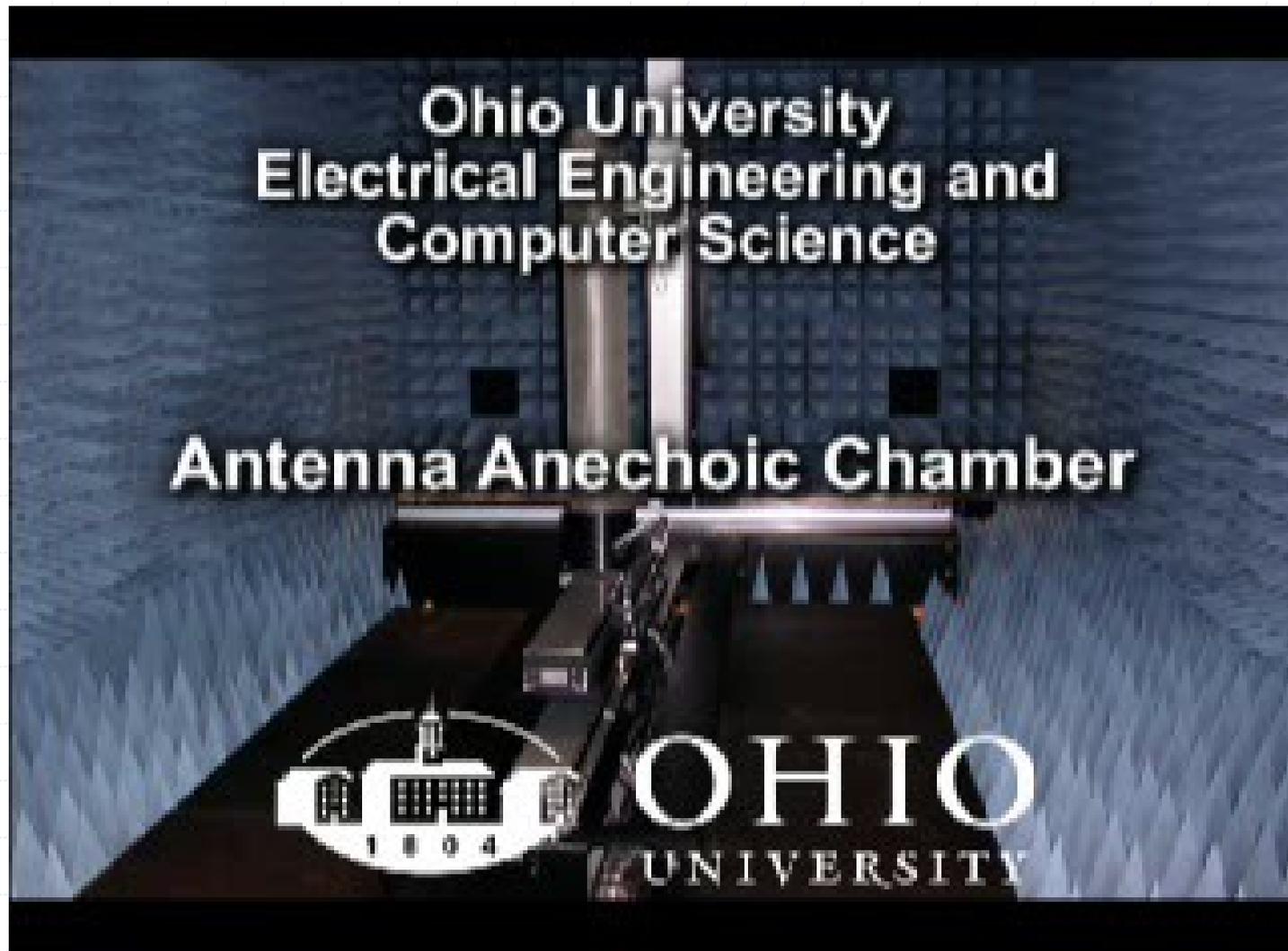


Diagrama de Irradiação de uma Antena

- Os resultados obtidos são geralmente normalizados. Ao máximo sinal recebido é dado o valor de 0 dB, facilitando a interpretação dos lóbulos secundários e relação frente-costas.

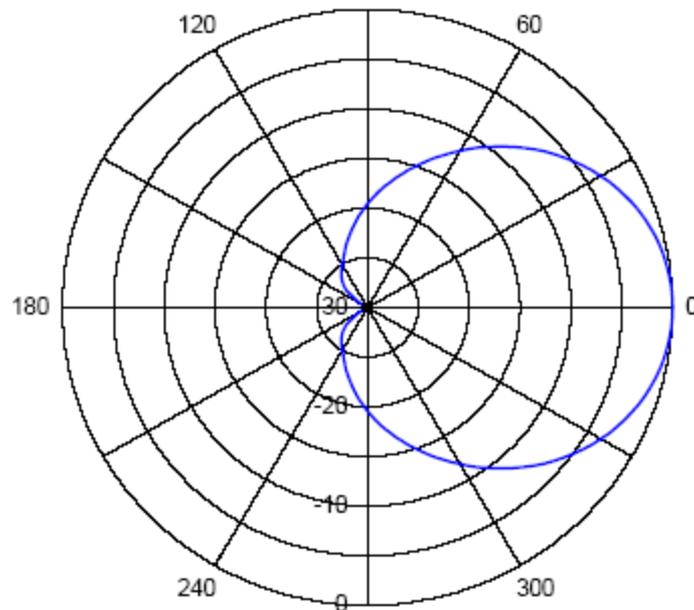


Diagrama de Irradiação

A curva azul representa a energia irradiada em cada direção em torno da antena.

Diagrama de Irradiação de uma Antena

diagrama de irradiação na forma tridimensional

Permite-nos visualizar a distribuição espacial de toda a potência envolvida.

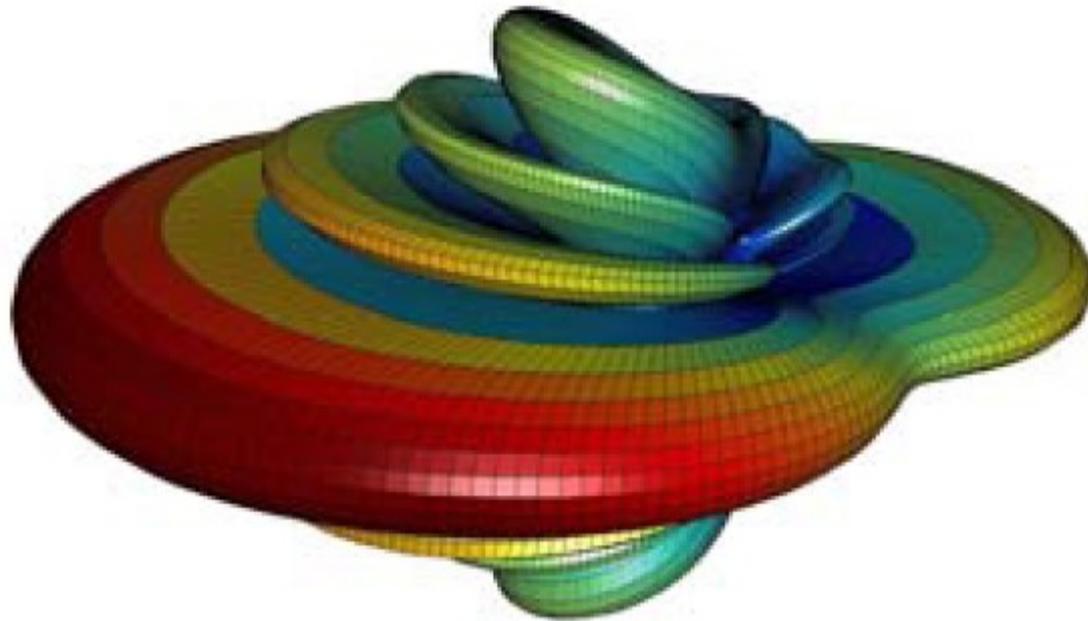


Diagrama de Irradiação de uma Antena

♦ *diagrama de irradiação na forma polar*

Fáceis de interpretar, os lóbulos são identificados pelo ângulo e amplitude. O lóbulo principal define os ângulos de $\frac{1}{2}$ potência e o máximo ganho. A análise correta da antena necessita-o em dois planos, vertical e horizontal ou Plano E e Plano H.

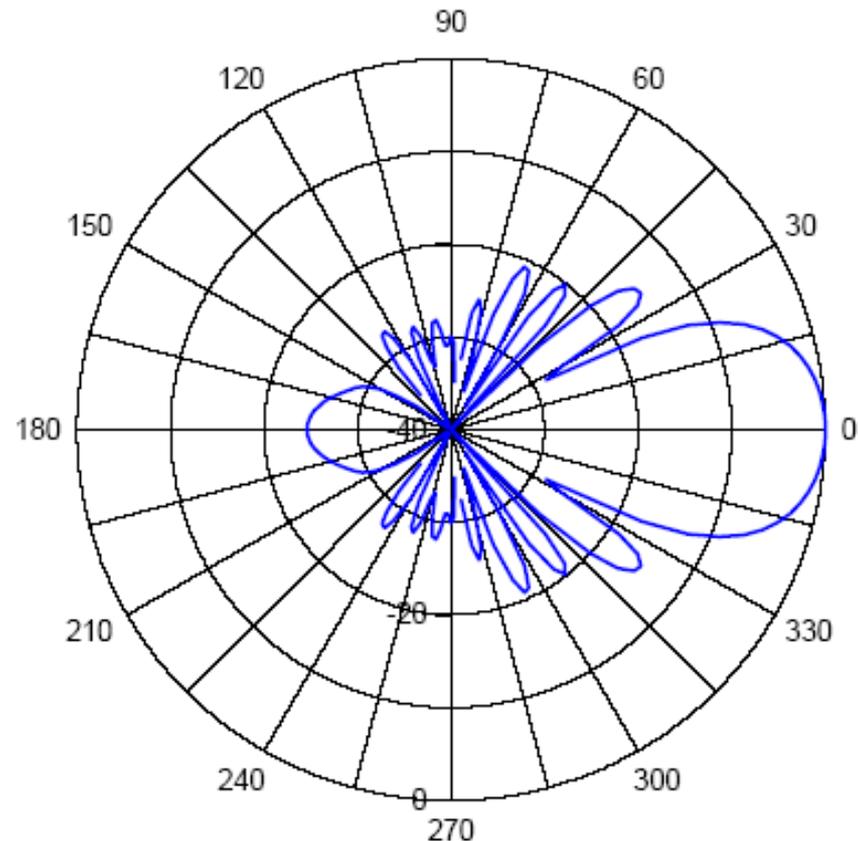
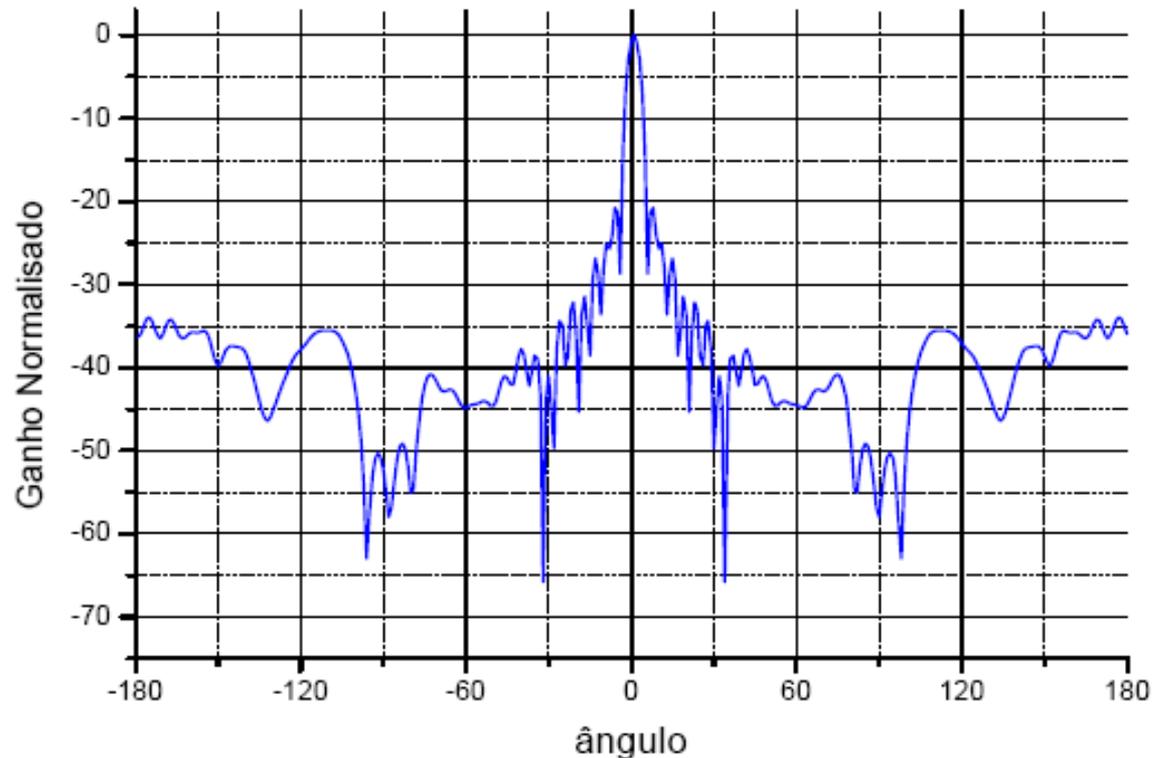


Diagrama de Irradiação de uma Antena

♦ *diagrama de irradiação na forma retangular*

♦ Usual nas antenas de alto ganho, onde a pequena abertura do lóbulo principal compromete a interpretação do diagrama de irradiação polar.



Ângulos de meia potência de uma Antena

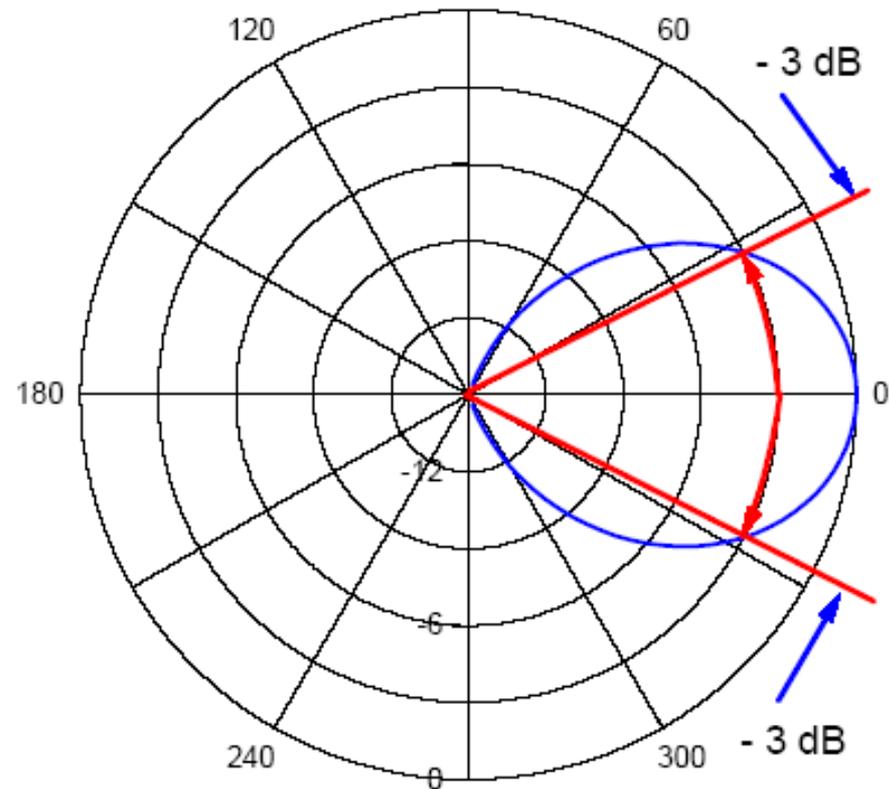
Os ângulos de meia potência são definidos pelos pontos no diagrama onde a potência irradiada equivale à metade da irradiada na direção principal.

Estes ângulos definem a abertura da antena no plano horizontal e no plano vertical.

-3 dB = 50% Potência

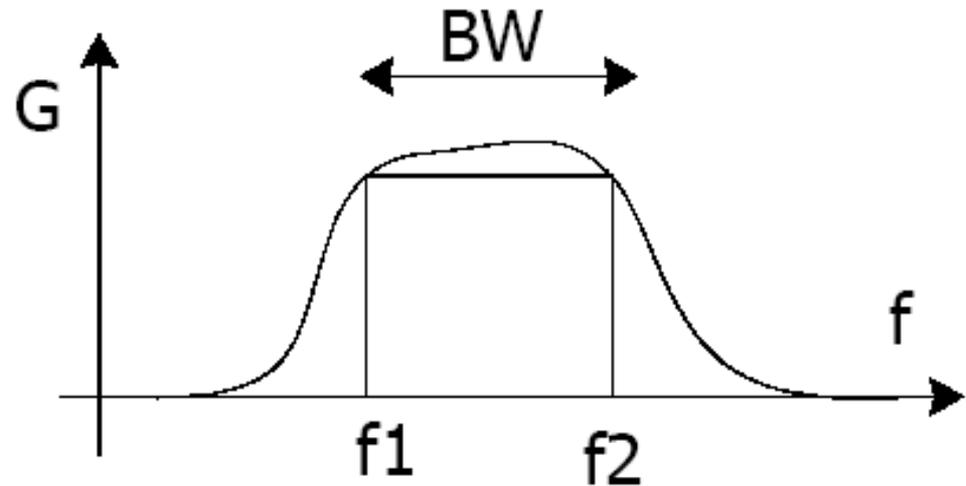
No exemplo ao lado temos:

Ângulo de -3dB = 55°



Largura de Banda de uma Antena

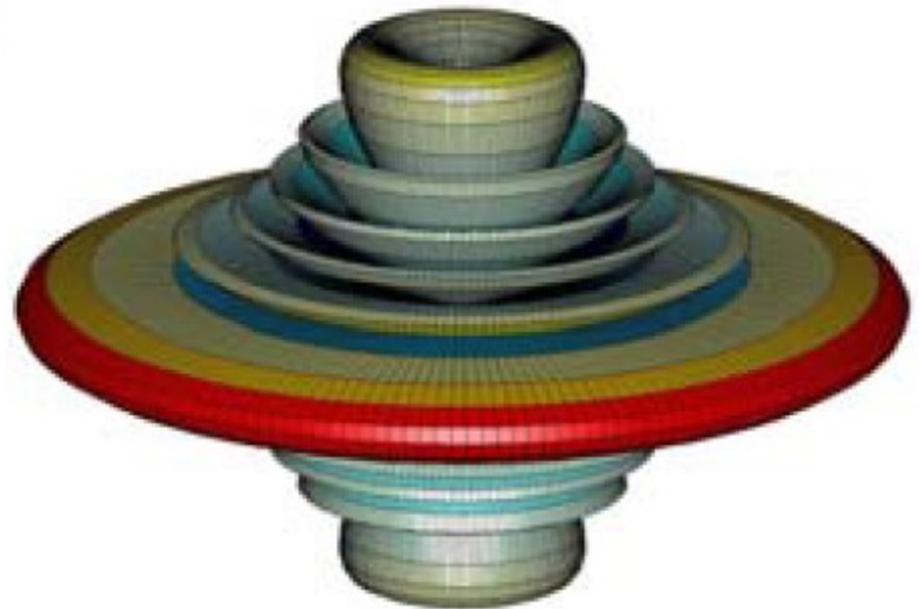
- ♦ Largura de banda é o intervalo de frequência a qual a antena deve funcionar satisfatoriamente, dentro das normas técnicas vigentes



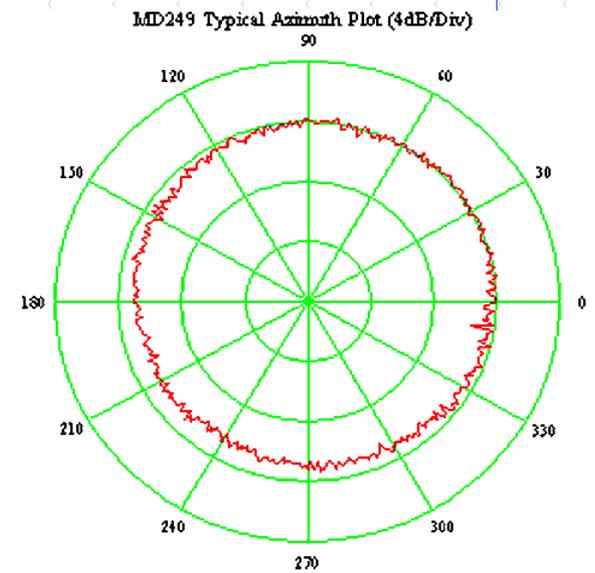
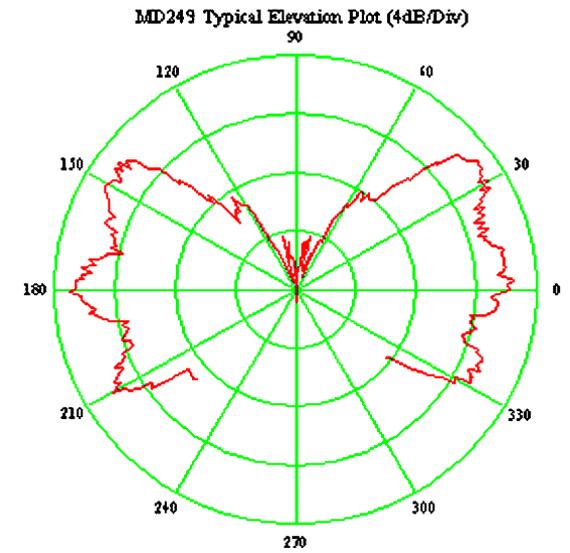
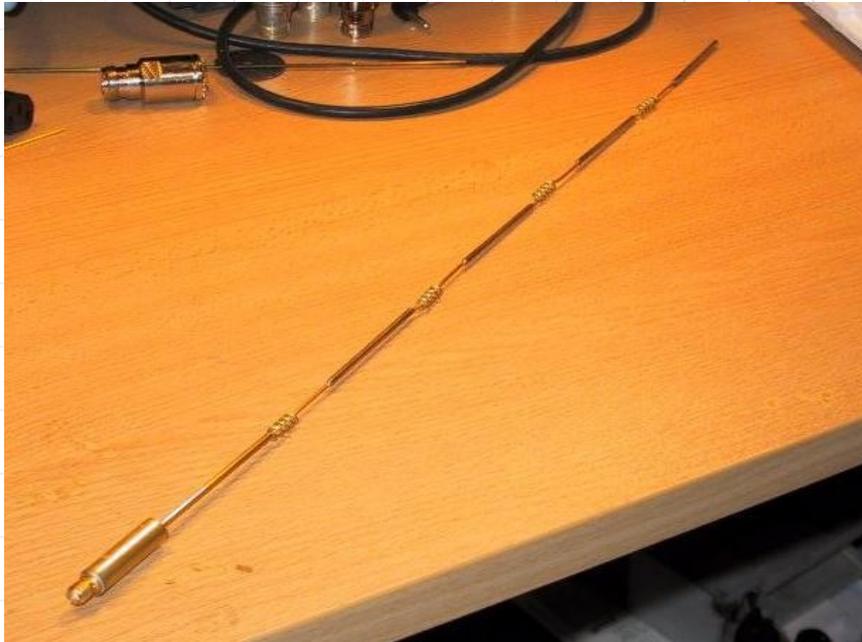
Antena Omnidirecional

- ♦ Antena que irradia uniformemente no plano de azimute.
- ♦ Consiste em vários dipolos empilhados e alimentados em fase.
- ♦ O ganho é obtido com relação ao número de dipolos e a distância entre eles.

Número de dipolos	Ganho médio
1	2,15 dBi
2	5,15 dBi
4	8,15 dBi
8	11,15 dBi
16	14,15 dBi



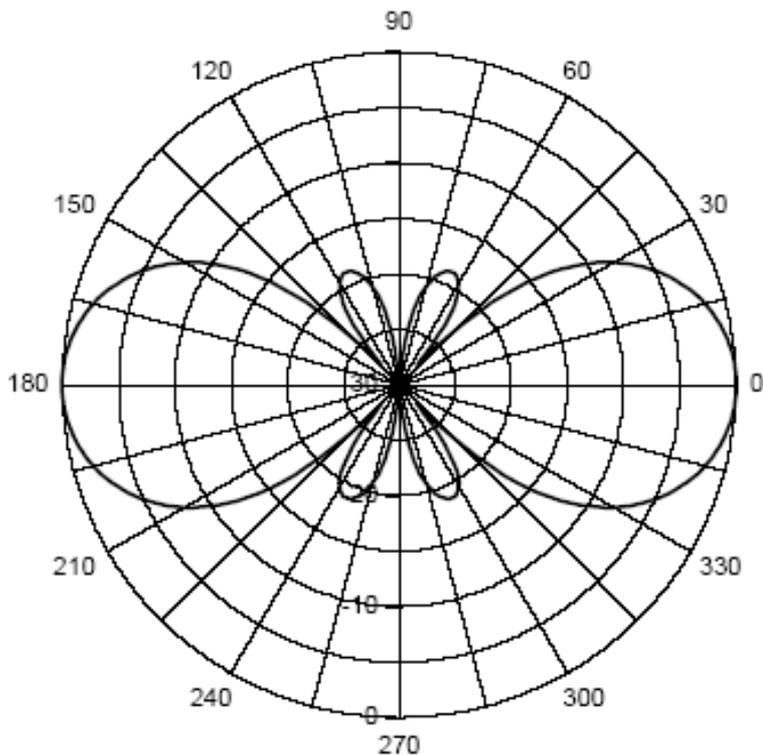
Antena Omnidireccional



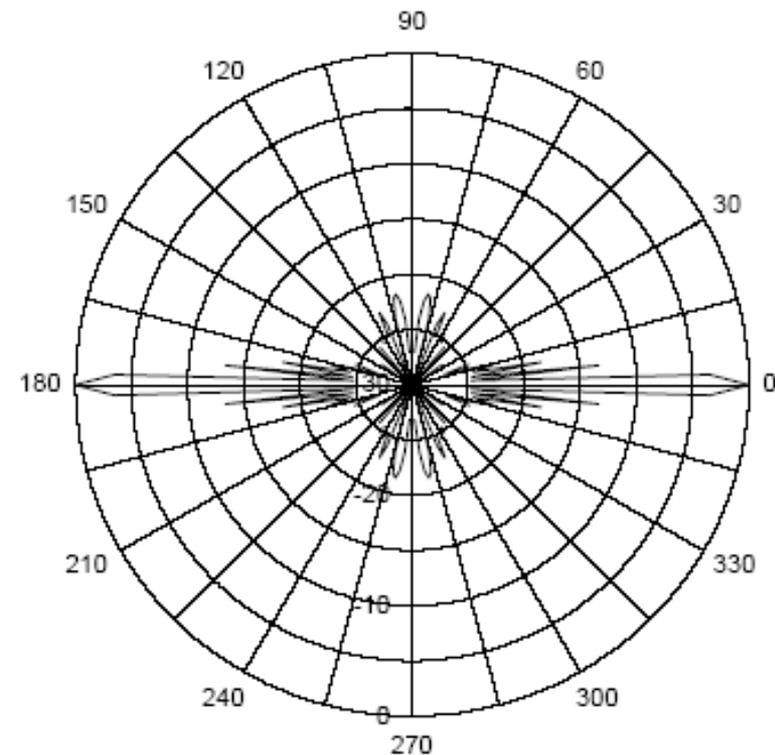
Comparação entre Antenas Omnidirecionais

◆ Diagrama de Irradiação no Plano Vertical (E)

Omni 8 dBi



Omni 15 dBi



Antena Yagi (Uta-Yagi)

1929 - Hidetsugu Yagi & Shintaro Uta

- ◆ Conceito: Antena direcional composta de um refletor (simples ou grade) um dipolo (simples ou dobrado) e vários diretores.
- ◆ Pode ser instalada na pol. vertical ou horizontal.
- ◆ As yagis de frequências acima de 1.5GHz necessitam o uso de radome, para proteção da água da chuva.
- ◆ São utilizadas geralmente em sistemas ponto a ponto, porém as yagis de três elementos possuem um ângulo de abertura de até 120 graus, possibilitando seu uso em sistemas ponto - multiponto.



Número de elementos	Ganhos Médios
3 elementos	6 – 8 dBi
7 elementos	9,5 – 12 dBi
11 elementos	13 – 15 dBi
25 elementos ou mais	15,5 – 17,2 dBi



Grades e Parábolas (Antenas com Refetores)

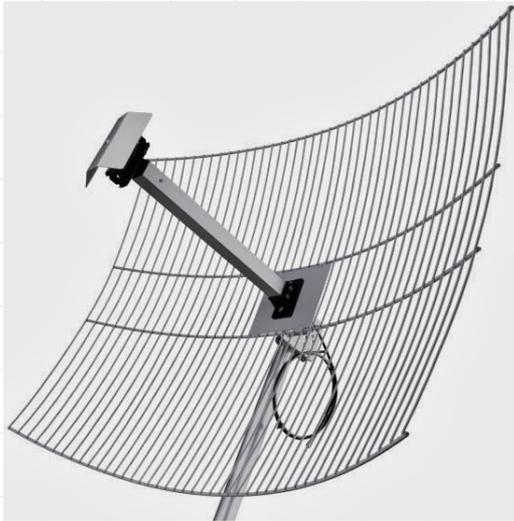
- ◆ Consiste em uma antena (alimentador) que ilumina um refletor parabólico que reirradia essa energia na direção de máximo ganho.
- ◆ Seu ganho é elevado, logo apresenta pequeno ângulo de abertura.
- ◆ São utilizados para enlaces de grandes distâncias.
- ◆ Sua polarização em geral é linear e o ajuste é obtido através do giro de 90 graus do alimentador e do refletor. Nas parabólicas sólidas, gira-se apenas o alimentador.

Polarização Horizontal



Polarização Vertical

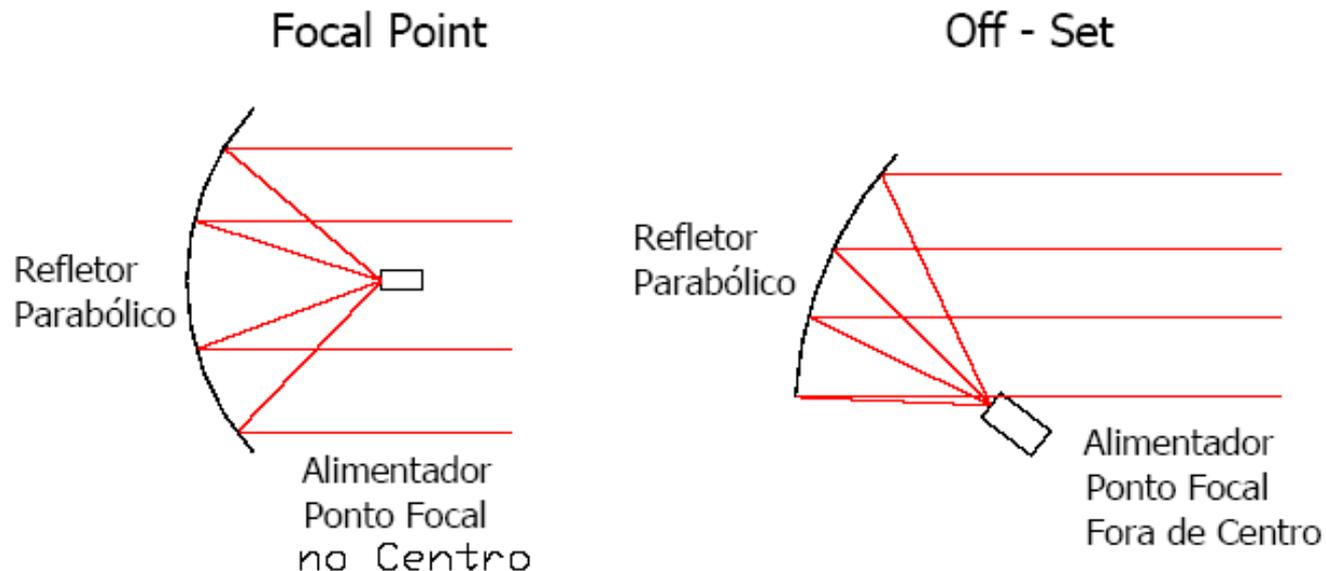
Grades e Parábolas (Antenas com Refetores)



5GHz 23 dBi

Grades e Parábolas

- ◆ As antenas parabólicas podem ter refletores do tipo sólido ou vazado. Quanto a sua posição de alimentação, pode ser do tipo focal point ou off-set.
- ◆ Existem vários tipos de alimentação, mas o fundamental é que o diagrama de irradiação do alimentador coincida com as bordas do refletor.



Grades e Parábolas

Focal Point



Off set

Grades e Parábolas

- ◆ Ganho teórico máximo para um refletor parabólico:

$$G(dB) = 10 * \log\left(\frac{(4.\pi.A)}{\lambda^2}\right)$$

- Ganho real:

$$G(dB) = 10 * \log\left(\frac{(4.\pi.A)}{\lambda^2} * \eta\right)$$

G = Ganho em dBi

A = Área do refletor em m²

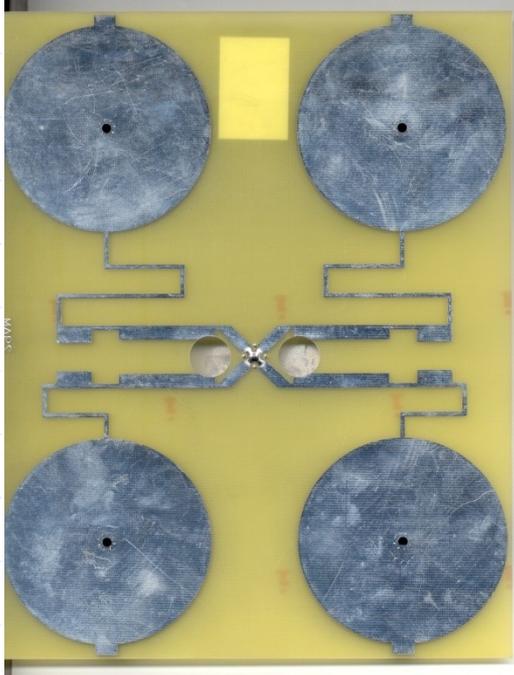
λ = Comp. Onda em metros

η = Rendimento

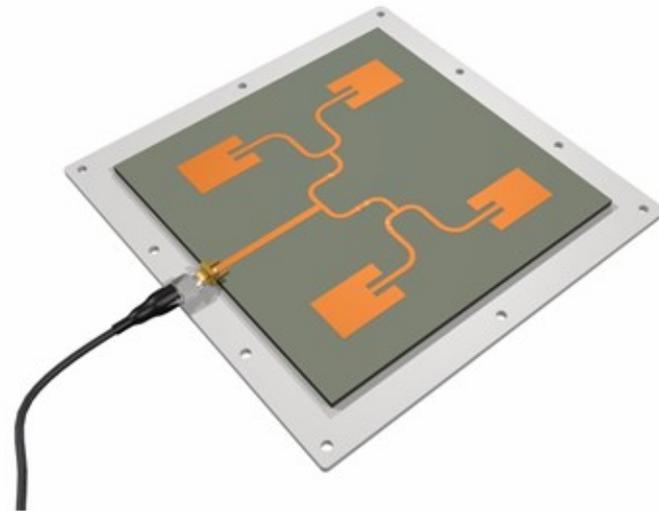


Patch Antennas

- ◆ As antenas patch são confeccionadas em placas de circuito impresso.
- ◆ Sua principal aplicação é para ambientes indoor, porém pode-se também ser usada ambientes outdoor. Contudo, proteções extras contra intempéries devem ser aplicadas, pois são muito mais sensíveis à umidade.
- ◆ Possui baixo custo de montagem, pois sua estrutura resume-se em uma placa, um conector, um refletor e o radome.
- ◆ Possui baixa eficiência de irradiação, pouca largura de banda e geralmente possuem ângulos de abertura pequenos.



Patch Antennas



Antenas Helicoidais

- Polarização circular e ganho elevado
- Muito utilizadas em comunicação via satélite
- Aplicação principal: GPS

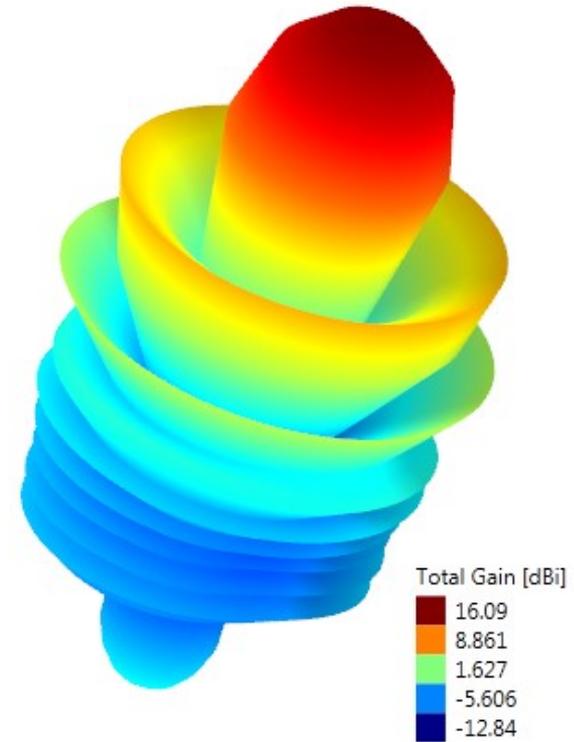


Antenas Helicoidais



Scott Air Force base, Illinois, USA. Satellite communication system

Antenas Helicoidais



Satellite tracking-acquisition antenna, Pleumeur-Bodou, France

Antenas Setoriais

- Geralmente construídas com uma antena omnidirecional e um refletor metálico
- Podem ser feitas também como *patch antennas*
- ângulos de cobertura típicos: 60°, 90° e 120°
- Várias antenas setoriais podem ser instaladas lado a lado para cobrir um setor maior ou até mesmo 360°



MAXRAD™



Antenas + Enlace

- ◆ **Rádio Transmissor (Tx)**
- ◆ **Linha de Transmissão (LT)**
- ◆ **Antena Transmissora**
- ◆ **Meio de Propagação**
- ◆ **Antena Receptora**
- ◆ **Linha de Transmissão (LT)**
- ◆ **Rádio Receptor (Rx)**

