

O Radar Meteorológico

Demilson Quintão

PY2UEP

Bauru, 2014

Previsão Meteorológica

- 1-Climática: indica tendência das estações em escalas regionais, continentais, globais.
- 2-Previsão Meteorológica „comum“: prevê as variáveis PTU, Vento, Precipitações, etc.
- 3-“Nowcasting“: essencialmente precipitações

Será que vai chover?



Será que vai chover?



Será?

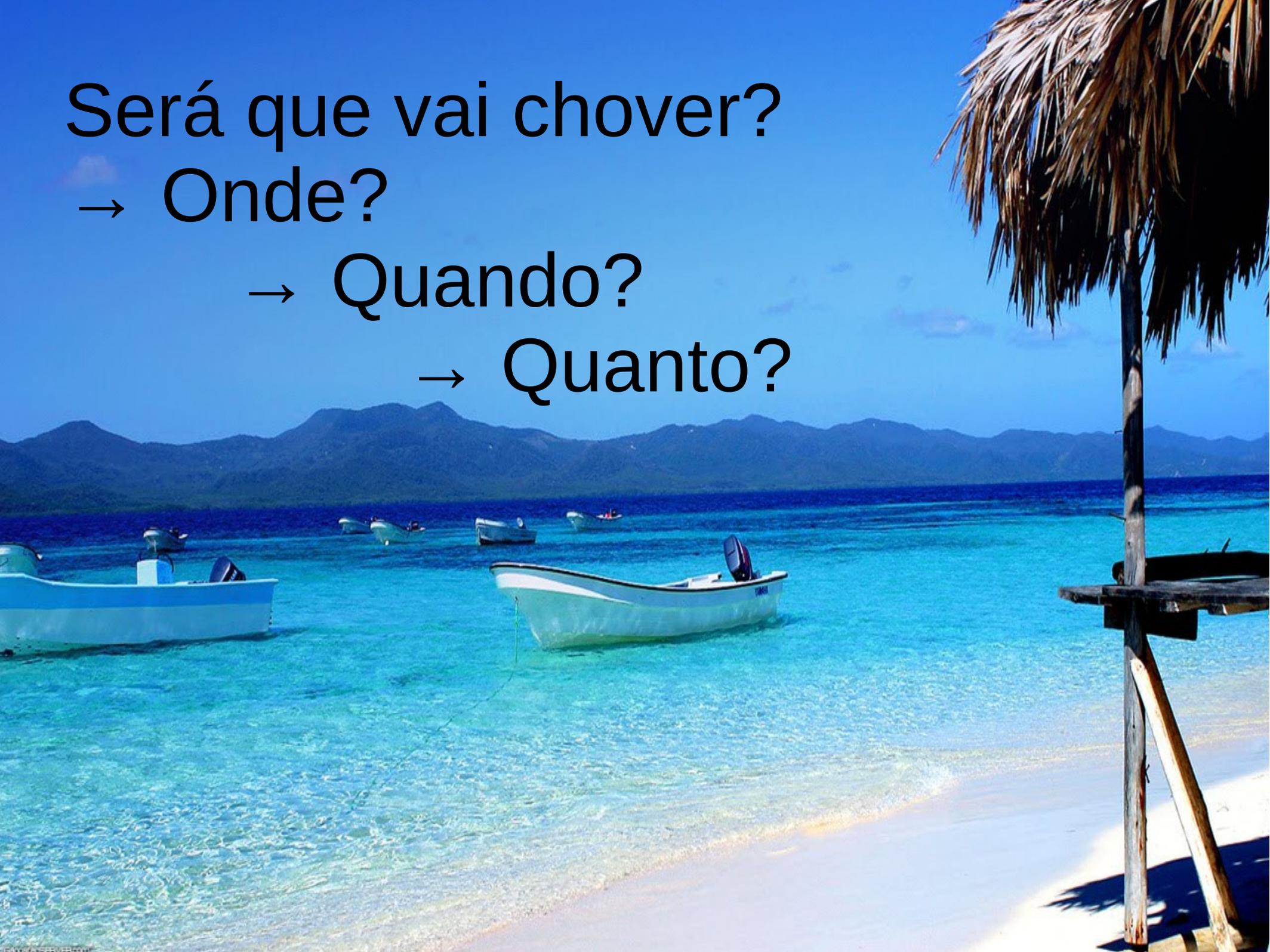


Será que vai chover?

→ Onde?

→ Quando?

→ Quanto?



Utilidade:

- Defesa Civil
- Agricultura
- Turismo
- Operações
Marítimas / Fluviais
Rodoviárias /
Aéreas
- Lazer



Pluviômetro

- Mede a chuva em termos de mm:
 - Altura da lâmina d'água que se forma em uma superfície plana durante precipitação de água líquida.
 - Totalizações: diárias (24h), mensal
- Acumulativo, caçamba, eletro-acústicos e óticos (disdrômetros).
- Só mede no local onde está instalado.

Radar Meteorológico

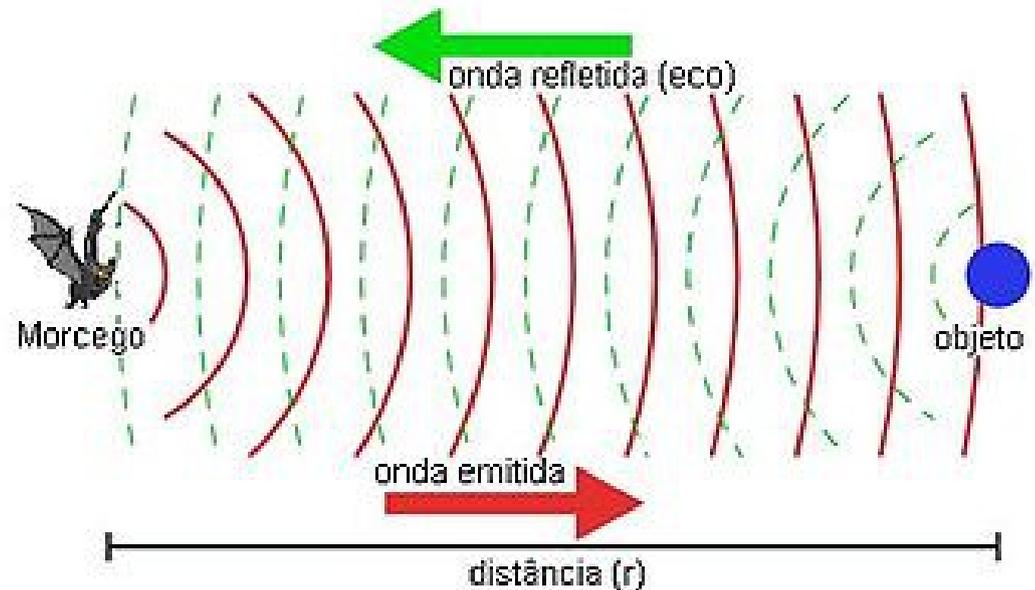
- Mede a chuva em „Z“ (uma equação „transforma“ em mm)
 - Instantânea, várias leituras por hora (IPMet=8)
 - Software pode acumular por regiões (bacias)
- Doppler, polarimétrico.
- Grande área de cobertura: raio de até 450km (IPMet).

RADAR

- RADAR: RAdio Detection And Ranging
- LIDAR: Light
- SONAR: Sound

Princípio de funcionamento:

- Morcego (SONAR)
 - Pulsos (Ultrassom)



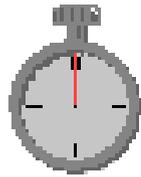
Esquema da ecolocalização em morcego

- Distância Alvo (R):

$$v = \frac{x}{t} \Rightarrow x = t \cdot v \Rightarrow R = \frac{t}{2} \cdot v_{som}$$

No radar: $R = \frac{t}{2} \cdot c$, onde $c = \text{veloc. da Luz}$

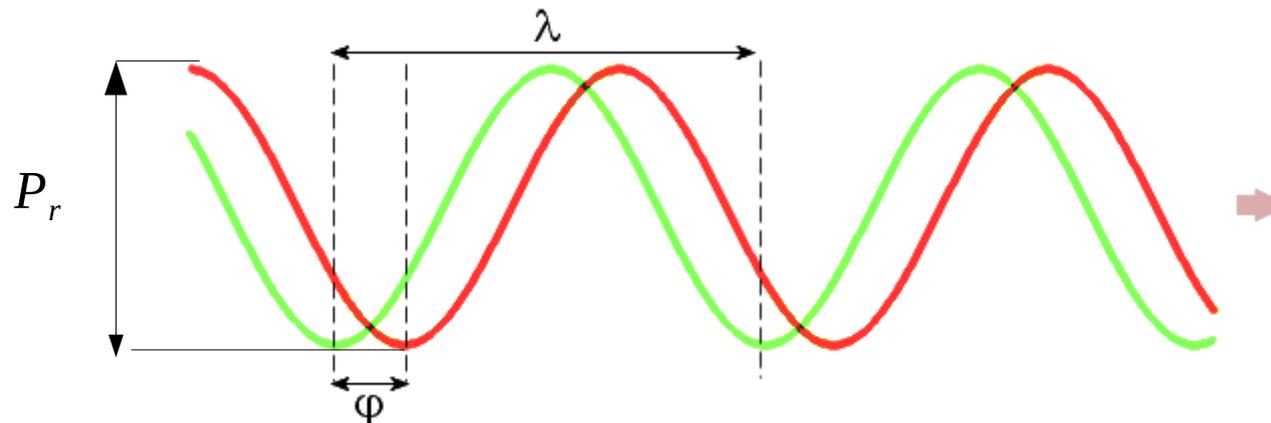
Princípio de Funcionamento:



- O RADAR emite um pulso de „rádio“ de curta duração ao mesmo tempo que dispara um cronômetro.
- O pulso se propaga afastando da antena e ao encontrar algum objeto, parte da energia transmitida é refletida de volta à antena.
- O receptor detecta o „eco“ e o sistema processamento mede o tempo decorrido e demais características do pulso emitido.

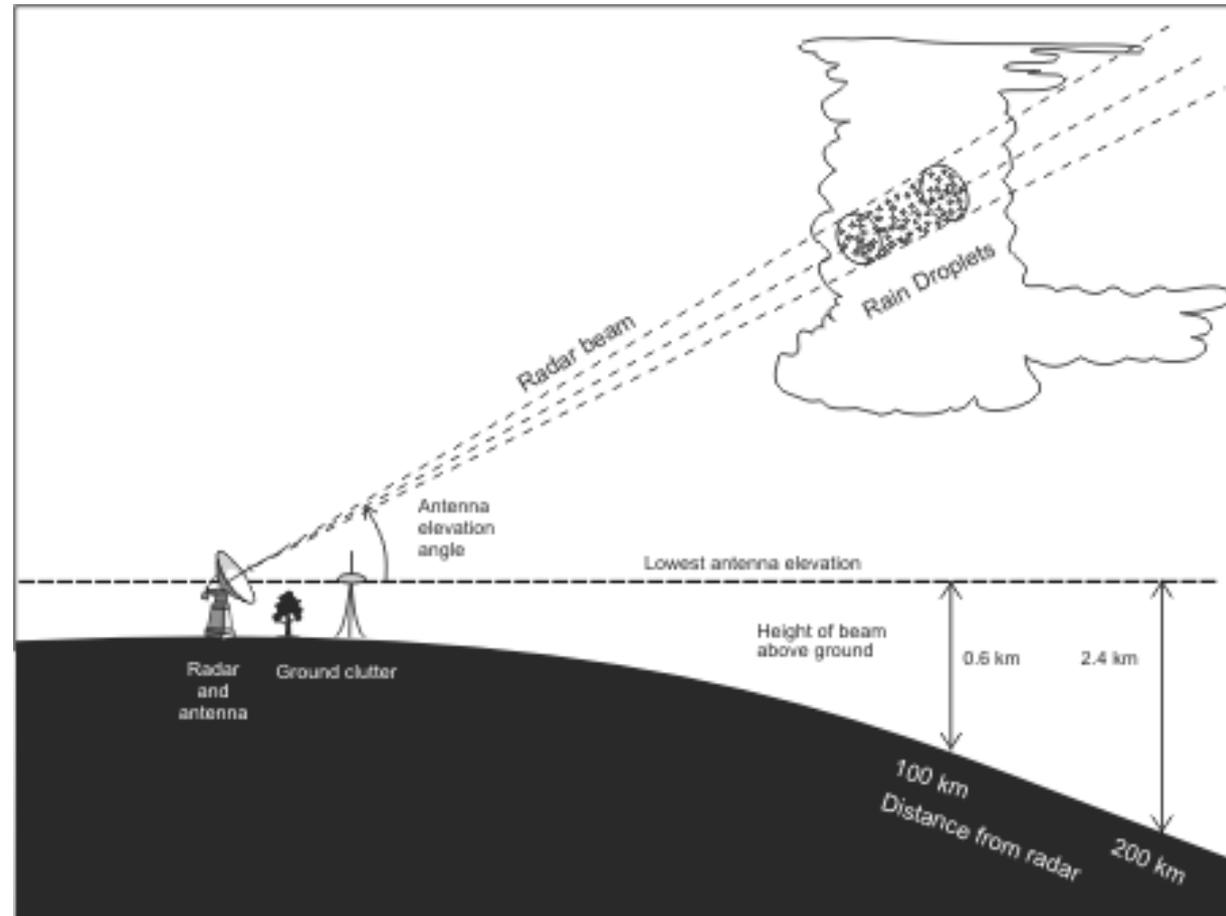
Princípio de Funcionamento

- O radar meteorológico mede:
 - a intensidade do eco que retorna (P_r): refletividade (dBZ) que varia em função da intensidade da precipitação.
 - A fase do sinal do „eco“ com relação ao pulso enviado.

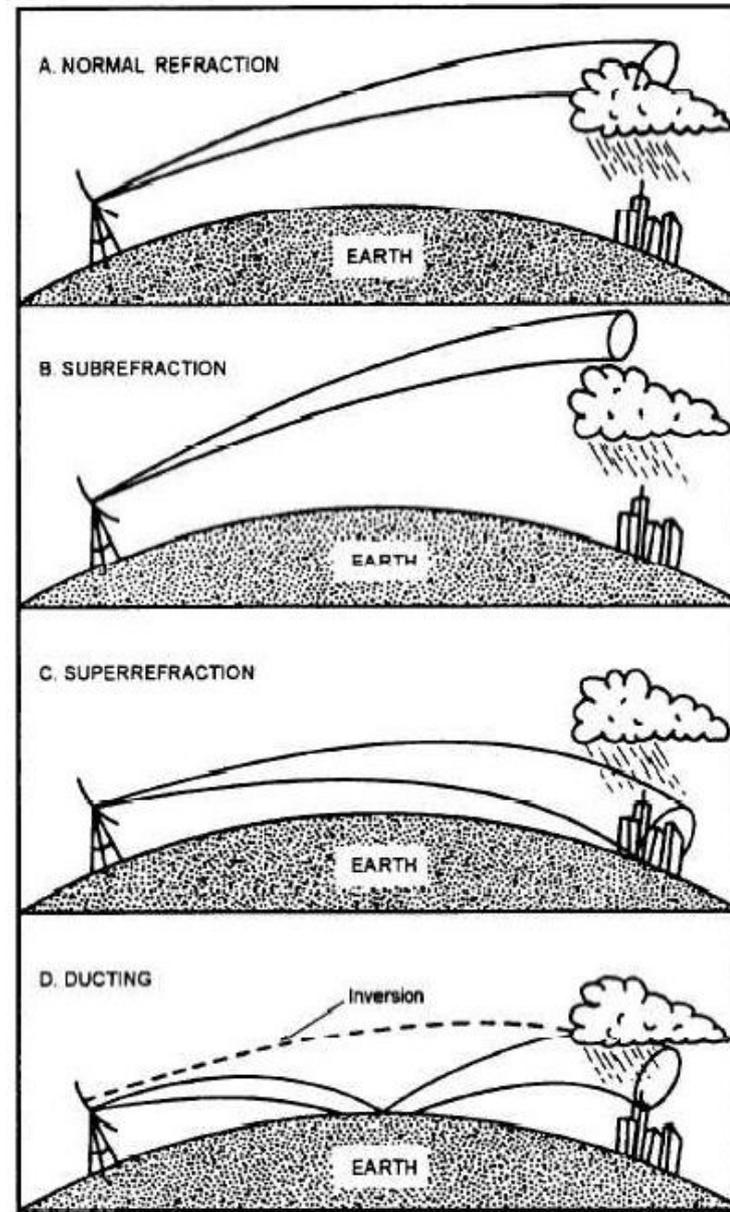
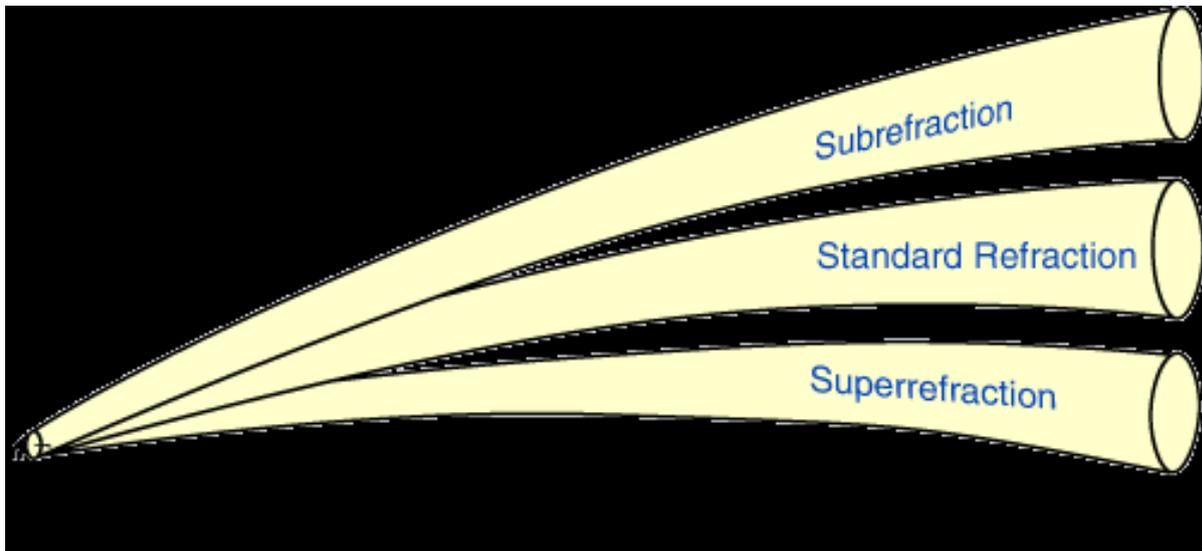
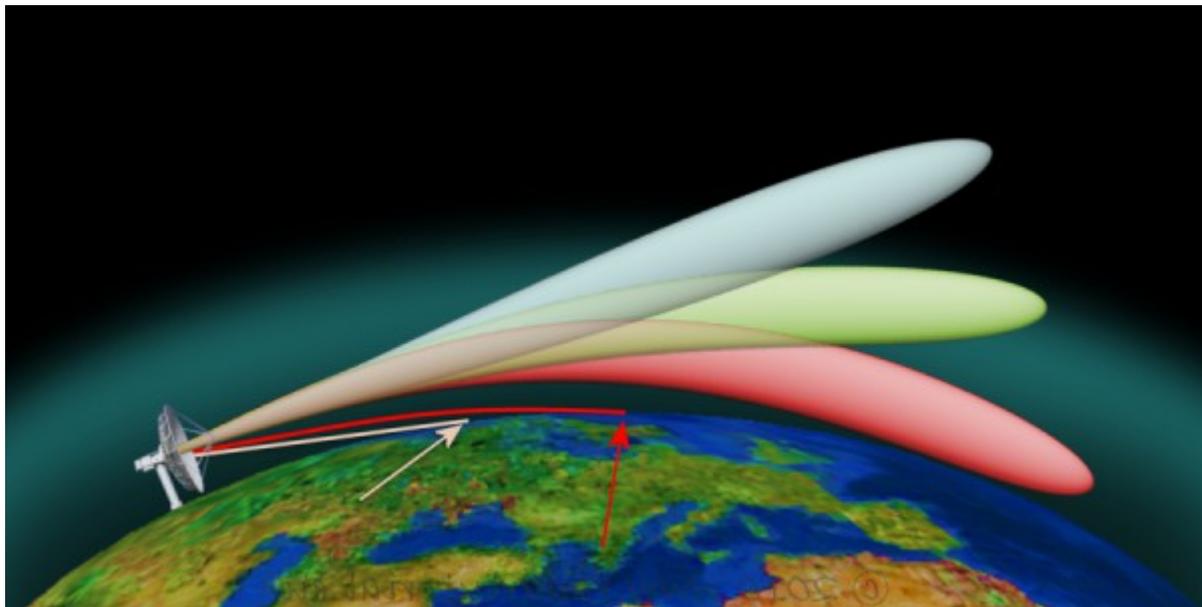


Sistema de coordenadas

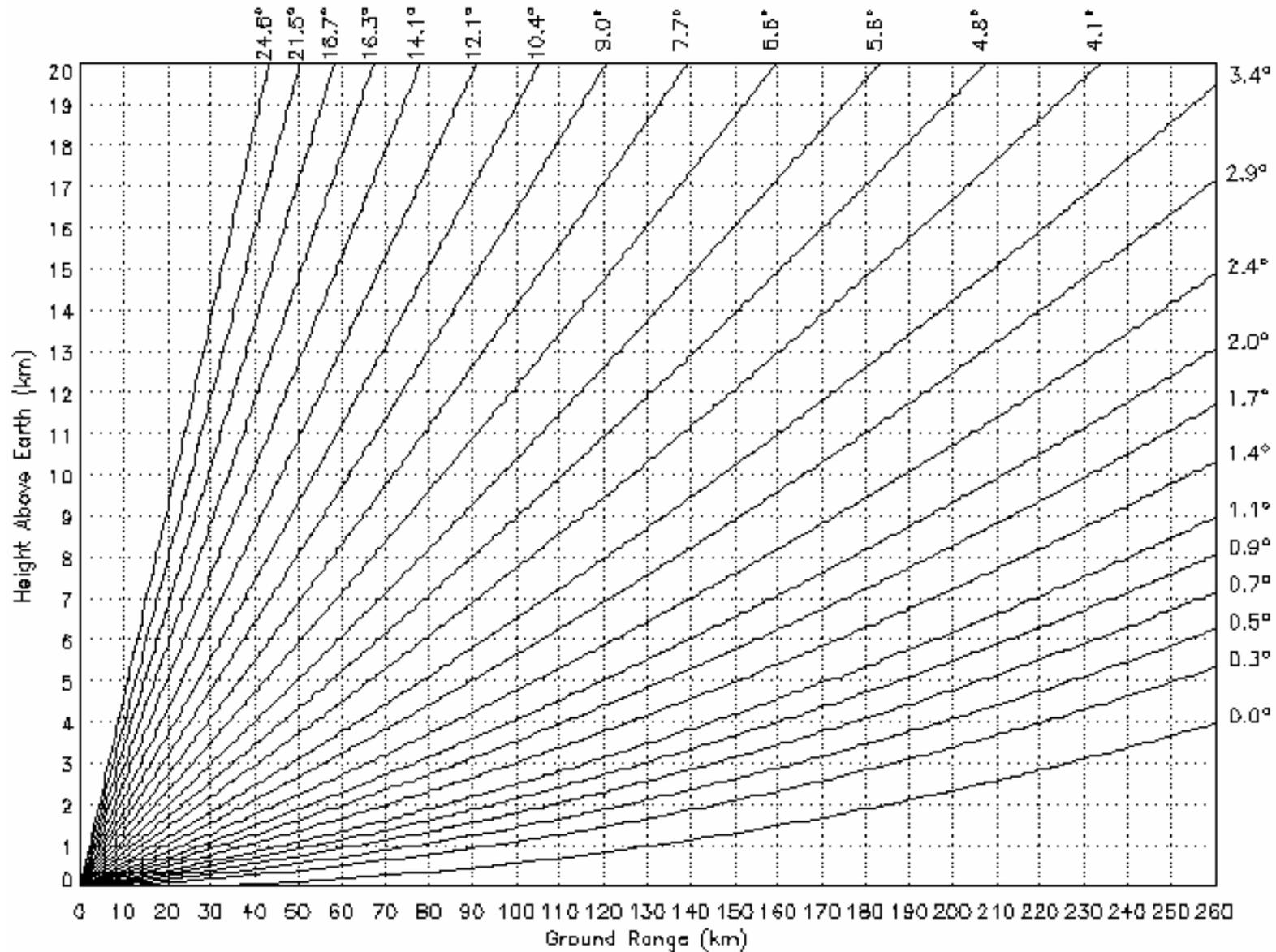
- Polar (3D):
 - Distância (**R**)
 - Ângulos Az e El
 - Az = azimuth: Norte geográfico = 0° , sentido horário.
 - De 0° a 360°
 - El = elevação: horizonte = 0° .
 - De 0° a 90° (zênite)



Propagação do sinal



Altura do feixe



O dB (Decibel)

- Múltiplo/Submúltiplo

- Logarítmico

- Para expressar potência:

- dBm = dBmW

- $P_0 = 1\text{mW}$

- Exemplos:

-10dBm = 0,1mW

-3dBm = 0,5mW

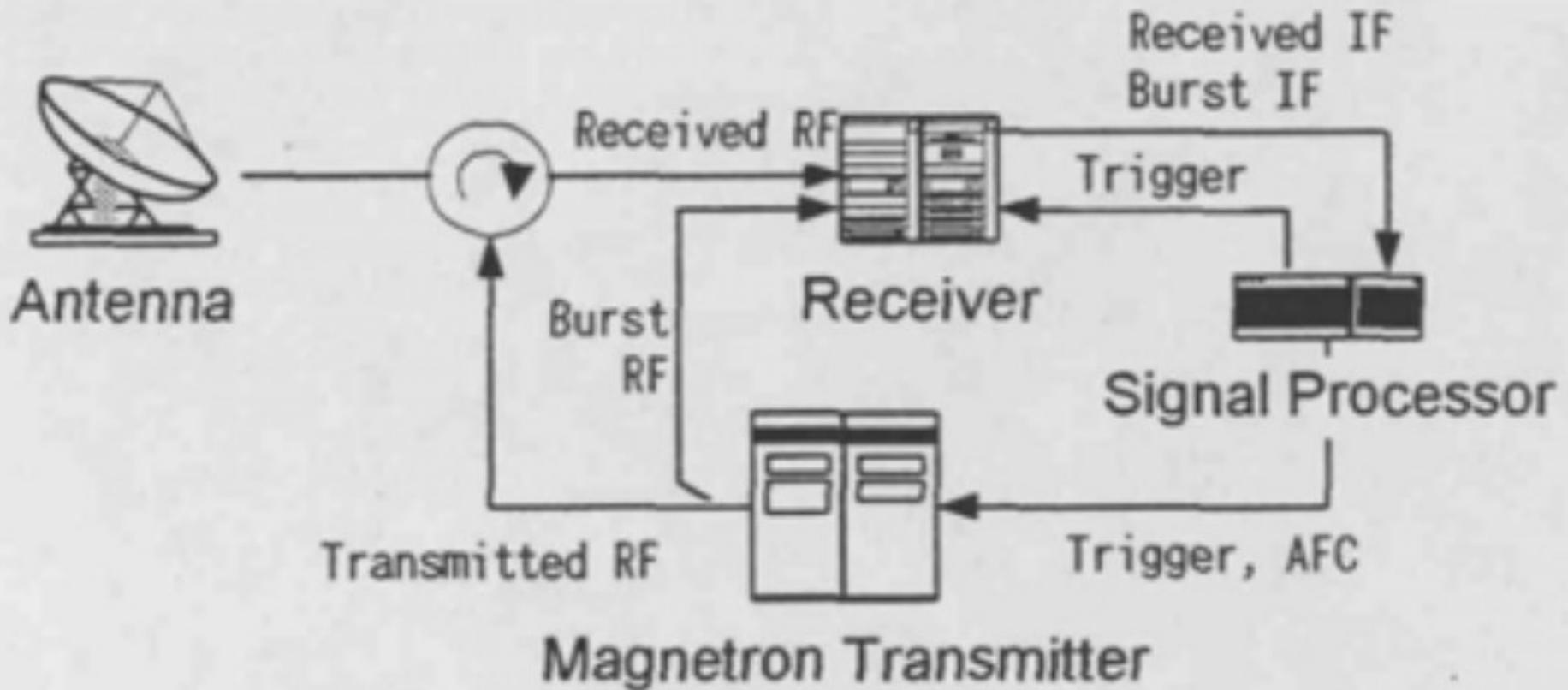
0dBm = 1mW

3dBm = 2mW

10dBm = 10mW

$$P_{dB} = 10 \cdot \log\left(\frac{P}{P_0}\right) \Leftrightarrow P = 10^{\frac{P_{dB}}{10}} \cdot P_0$$

Sistema de Radar



Antena

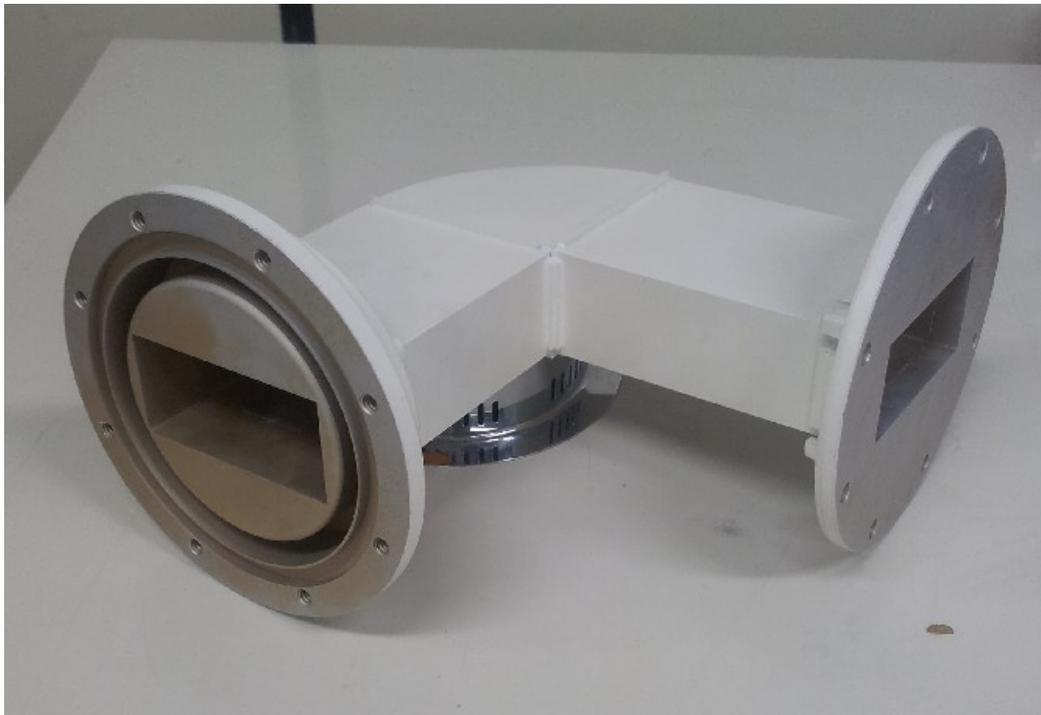
- Concentrar a potência do sinal a ser transmitido/recebido numa direção.
- Parabólica, 4m, fechada, em 2.8GHz:
 - Ganho: ~37dB (5000)
 - Largura do feixe (-3dB): 2°
- Pedestal: movimentar a antena (30°/s) e fornecer o posicionamento (**elevação** e **azimute**).
- Radome: proteger o sistema mecânico da ação do vento.

Antena



Guia de Onda

- Linha de transmissão
- Baixa perda: $\sim 3\text{dB}/100\text{m}$
- Guias flexíveis, juntas rotativas.

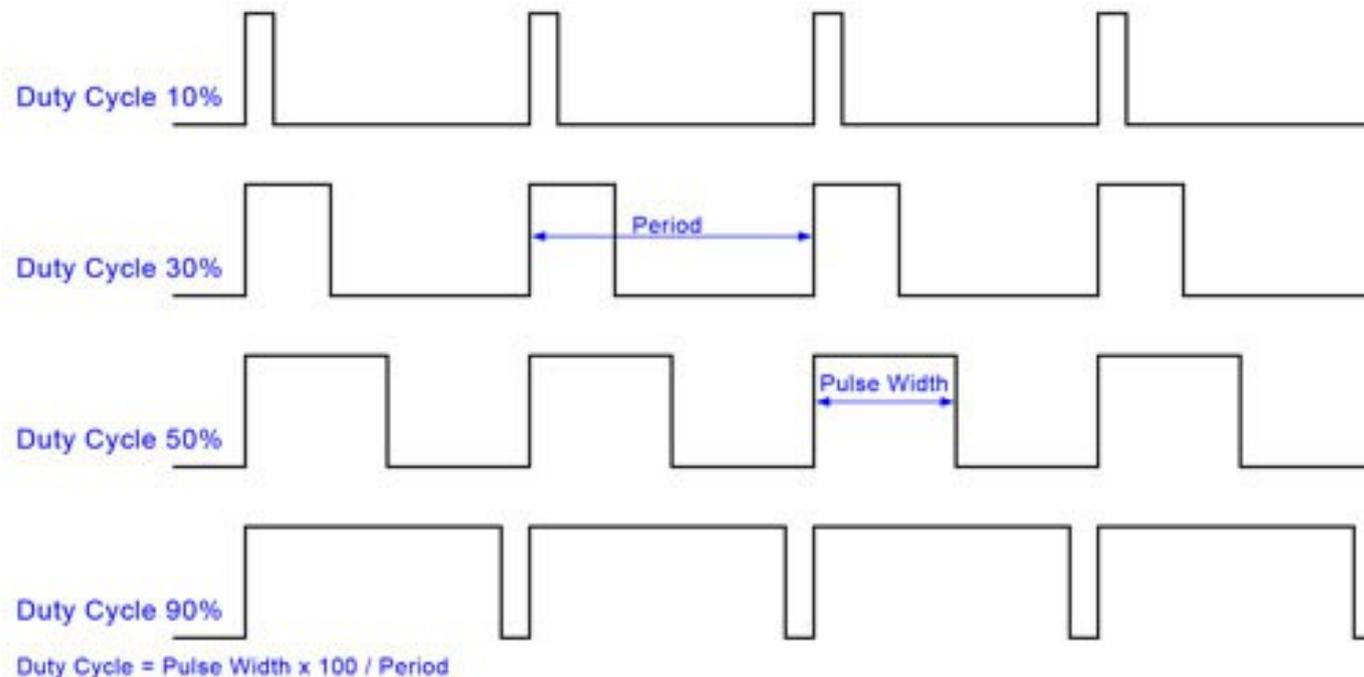


Guia de Onda



Ciclo de Trabalho (dc)

- Relação entre o período e o estado „ativado“ de um sinal (ou dispositivo).
- Potência média: é a relação entre a potência de pico e o ciclo de trabalho.



Transmissor

- Produzir pulsos de alta frequência e potência.
 - Bandas S (2,8GHz), C (5,6GHz) e X (11,2GHz)
- **Magnetron**: osciladora de potência
- Características:
 - ciclo de trabalho: 0,0005
 - Larguras do pulso (pw):
 - 0,8us (625Hz) e 2us (250Hz)
 - Potência:
 - Pico: 500kW (87dBm) Média: 250W (54dBm)
 - Alimentação: ~30kV



Transmissor

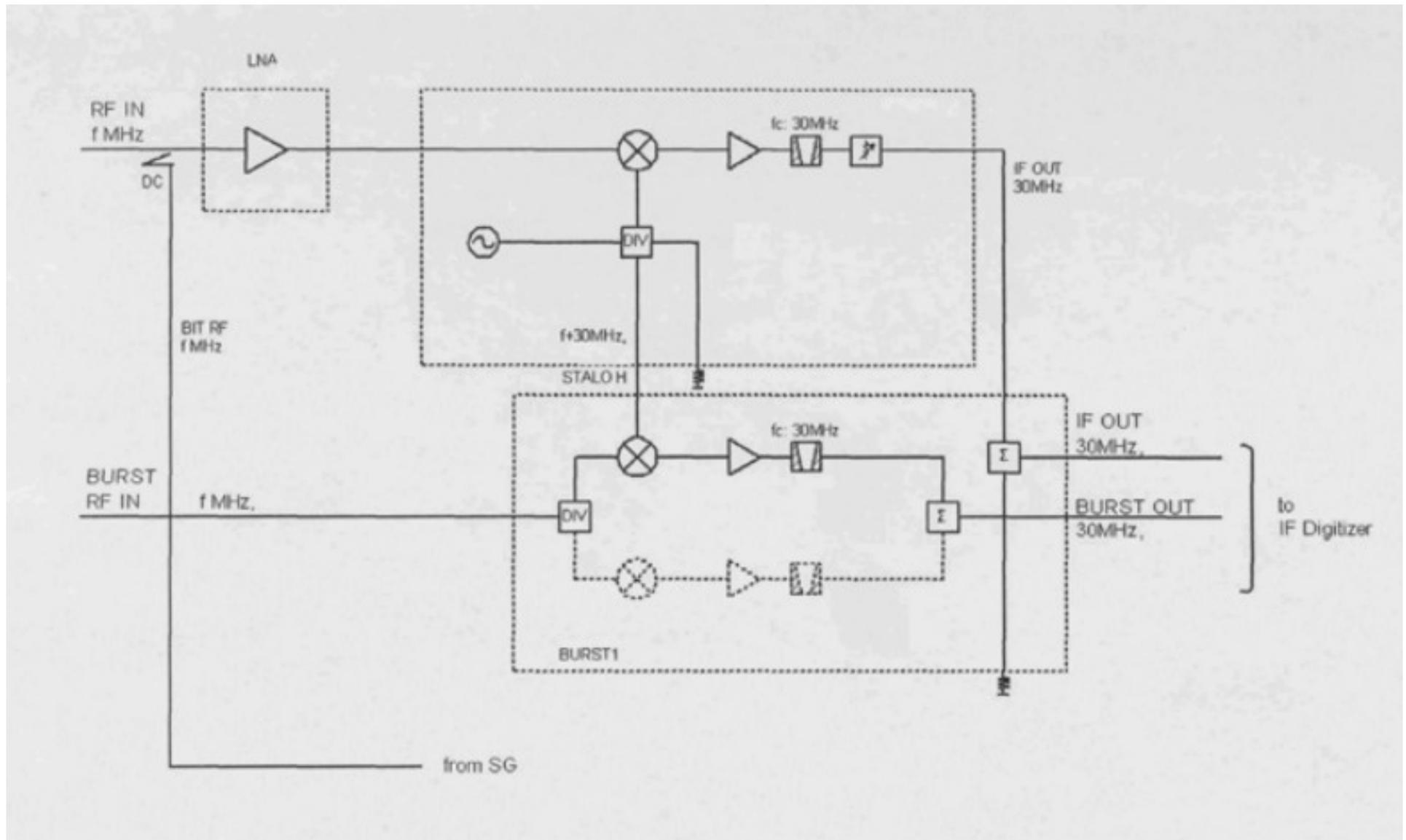
- Pulsado:
 - PRF: frequência de repetição de pulso.
 - PRT: tempo de repetição de pulso.
 - Resolução em distância: p_w
- Distância não ambígua:

$$R_{m\acute{a}x} = \frac{(PRT - p_w)}{2} \cdot c$$

Receptor

- Alta sensibilidade: MDS ~ -113dBm
- Faixa dinâmica: 90dB (sinal max: ~ -23dBm)
- Recebe o sinal de 2,8GHz e mistura com um sinal de 2,830GHz resultando numa „FI“ de 30MHz.
- Também recebe um sinal de amostra da transmissão.
- Digitaliza o sinal de 30MHz (IFD)
 - >>>> É um SDR!!! <<<<

Receptor



Circulador / Limitador T-R

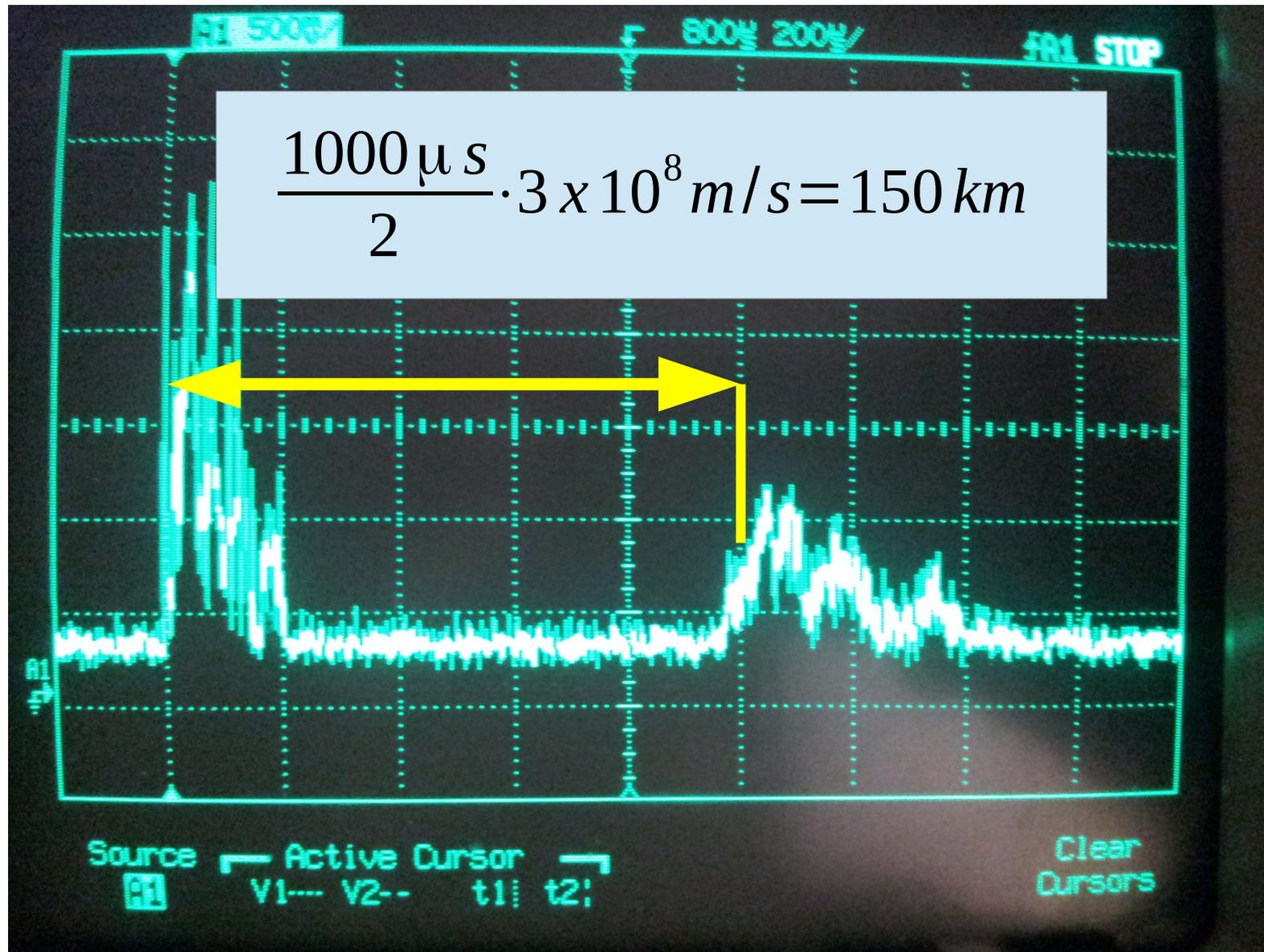
- Circulador: uma única antena para a transmissão e recepção
- T-R Limiter: isolar o receptor no momento da transmissão do pulso.
- Acessório: acoplador bidirecional para medição da potência emitida e da refletida.

Processamento de Sinais

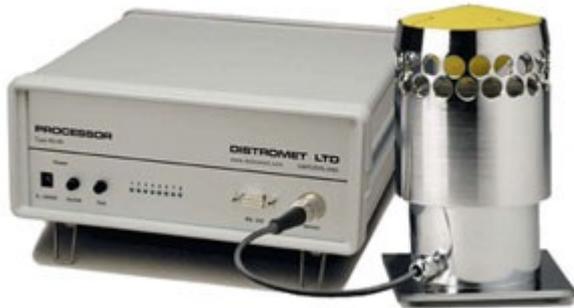
- Os sinais recebidos e digitalizados são tratados.
- A intensidade dos sinais é corrigida para compensar a distância.
- A frequência dos „ecos“ é comparada com a frequência dos pulsos transmitidos.
- Os dados são convertidos em imagens.



Processamento de Sinais



Calibração



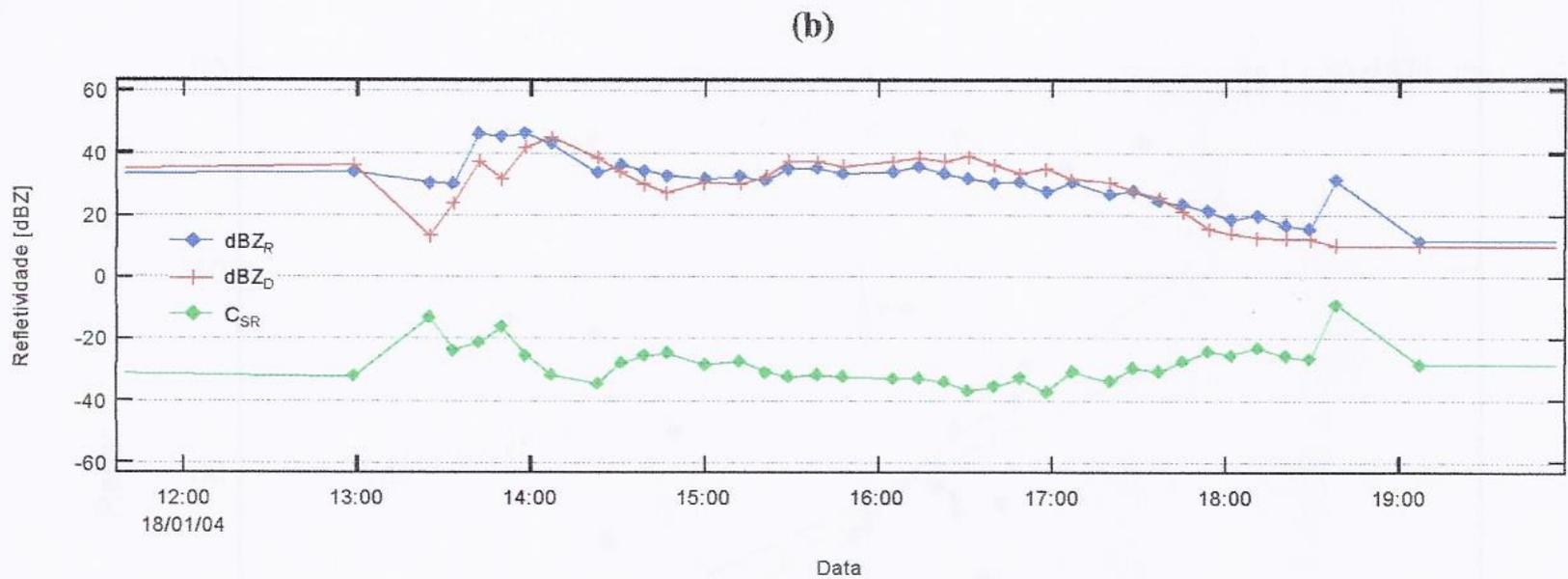
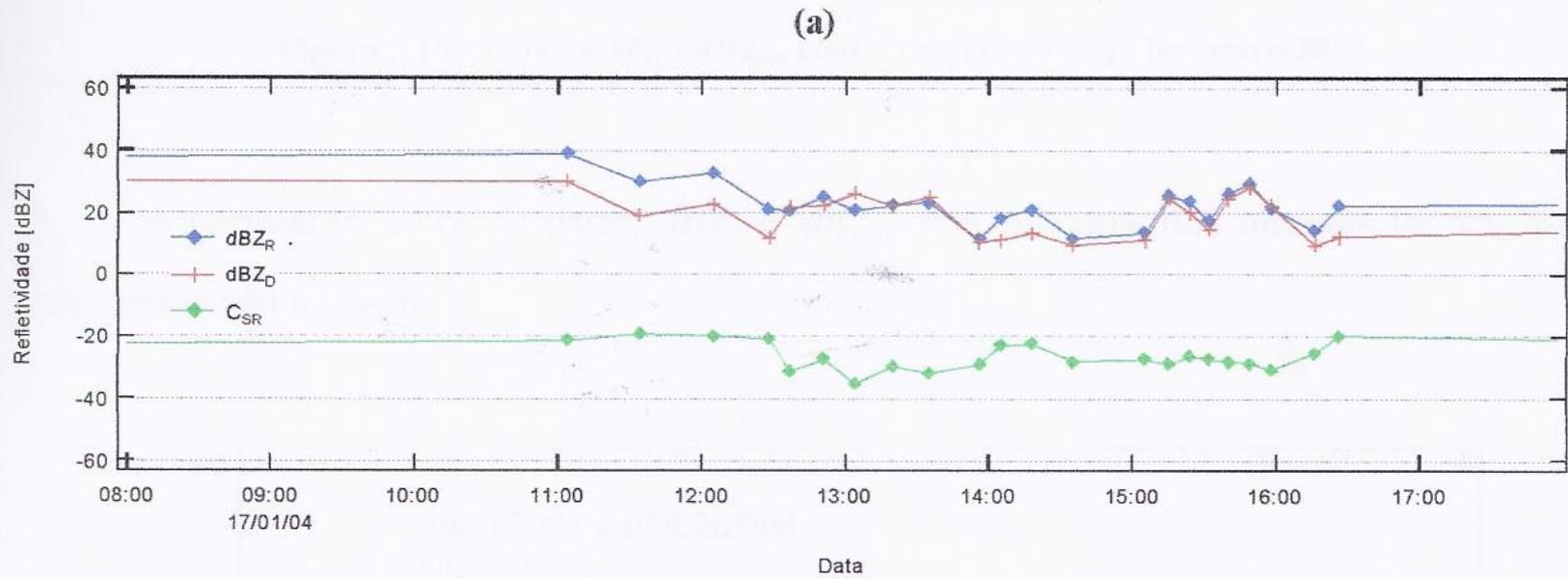
$$Z = \int_{D_{\min}}^{D_{\max}} D^6 \cdot N(D) \cdot dD$$

$$Z_0 = 1 \text{mm}^6 \text{m}^{-3} \Rightarrow \text{dBZ} = \log(Z)$$



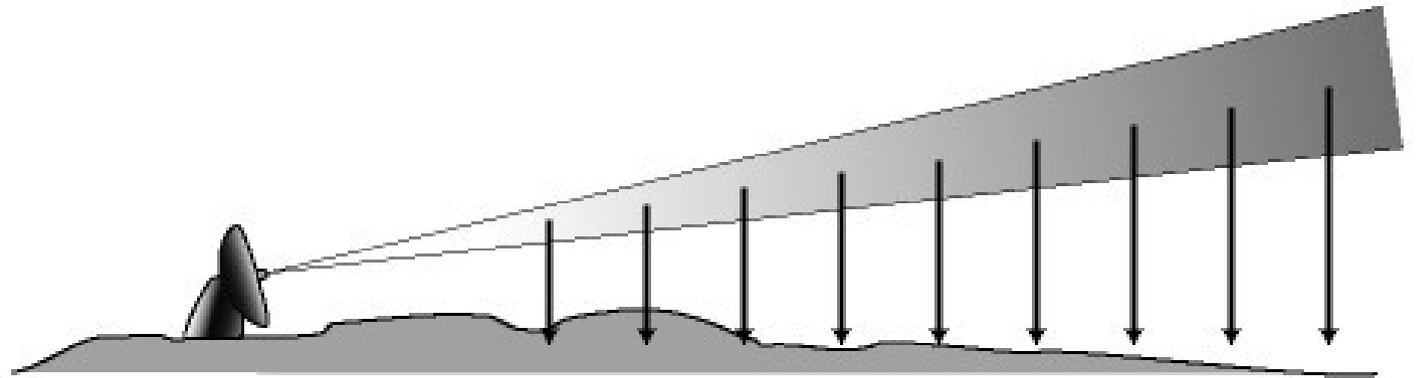
$$\text{dBZ} = P_r + 20 \log(r) + C$$

Calibração

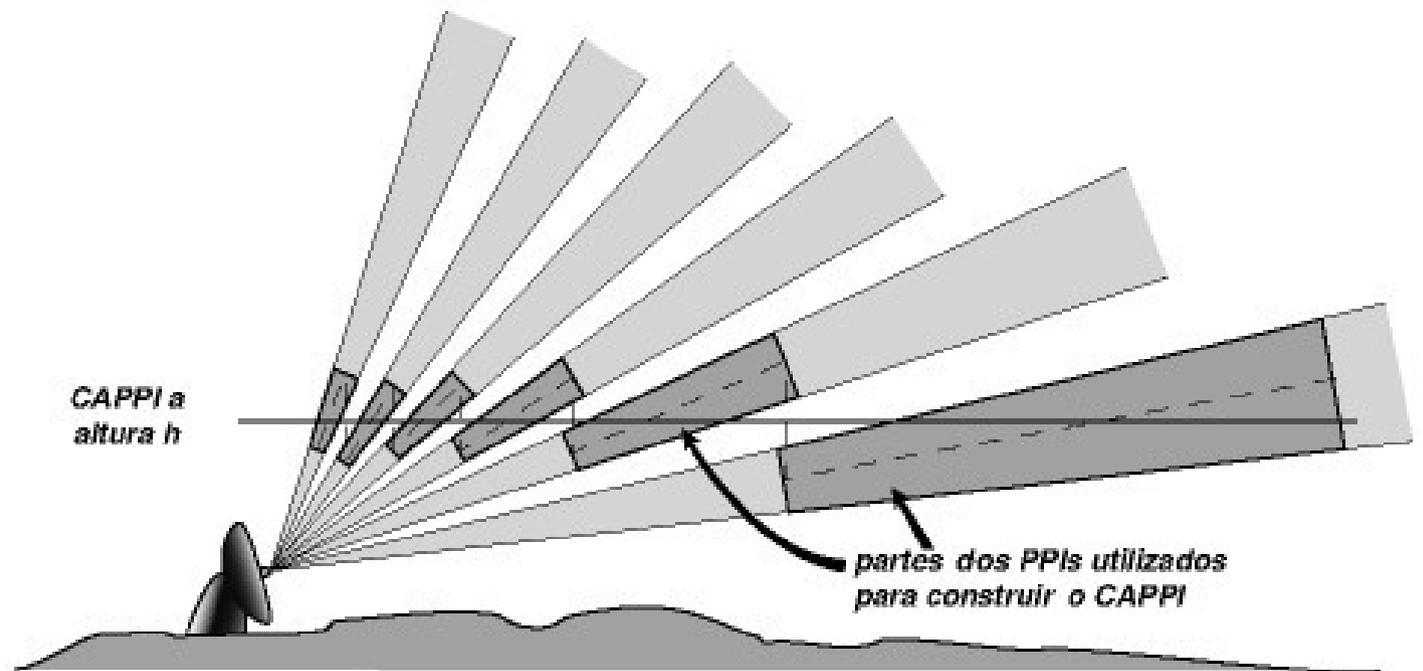


Produtos do Radar

- PPI



- CAPPI

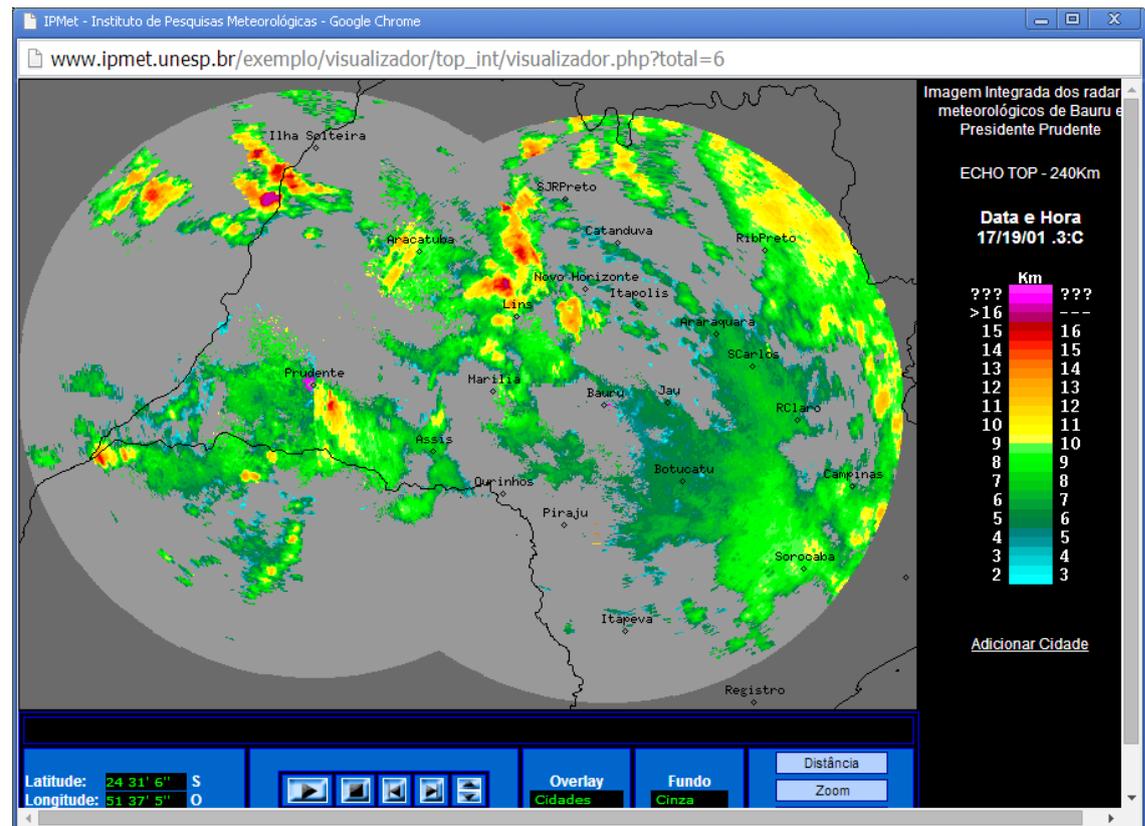


Produtos de Radar

- PPI: Plan Position Indicator
- CA PPI: Constant Altitude PPI
- Online:
 - IPMet: Exemplos
 - RedeMet
 - CPTEC / INPE
 - SIMEPAR
 - CEMADEN

- Titan:

- <https://twitter.com/ipmet>



Referências

- <http://www.ipmet.unesp.br/>
- <http://www.radartutorial.eu/>
- www.meted.ucar.edu/radar/basic_wxradar/
- http://en.wikipedia.org/wiki/Weather_radar
- <http://www.wmo.int>
- <http://www.wdtb.noaa.gov/courses/dloc/topic3/lesson1/index.html>
- <http://www.themakersworkbench.com/content/tutorial/protostack-educates-us-pulse-width-modulation>