

# O Radar Meteorológico

Demilson Quintão

PY2UEP

NetBR, 3 de março de 2020

# Previsão Meteorológica

1-Climática: indica tendência das variáveis meteorológicas (ex: temperatura e precipitação) nas estações do ano com relação às médias climáticas em escalas regionais, continentais, globais (escala temporal: meses);

2-Previsão Meteorológica “comum”: prevê as variáveis PTU, Vento, Precipitações, etc. (escala temporal: dias e horas);

3-“Nowcasting”: é a previsão „do agora“; de curto prazo (minutos, horas). Essencialmente precipitações (chuva, granizo, neve).

# Será que vai chover?



# Será que vai chover?



# Será?

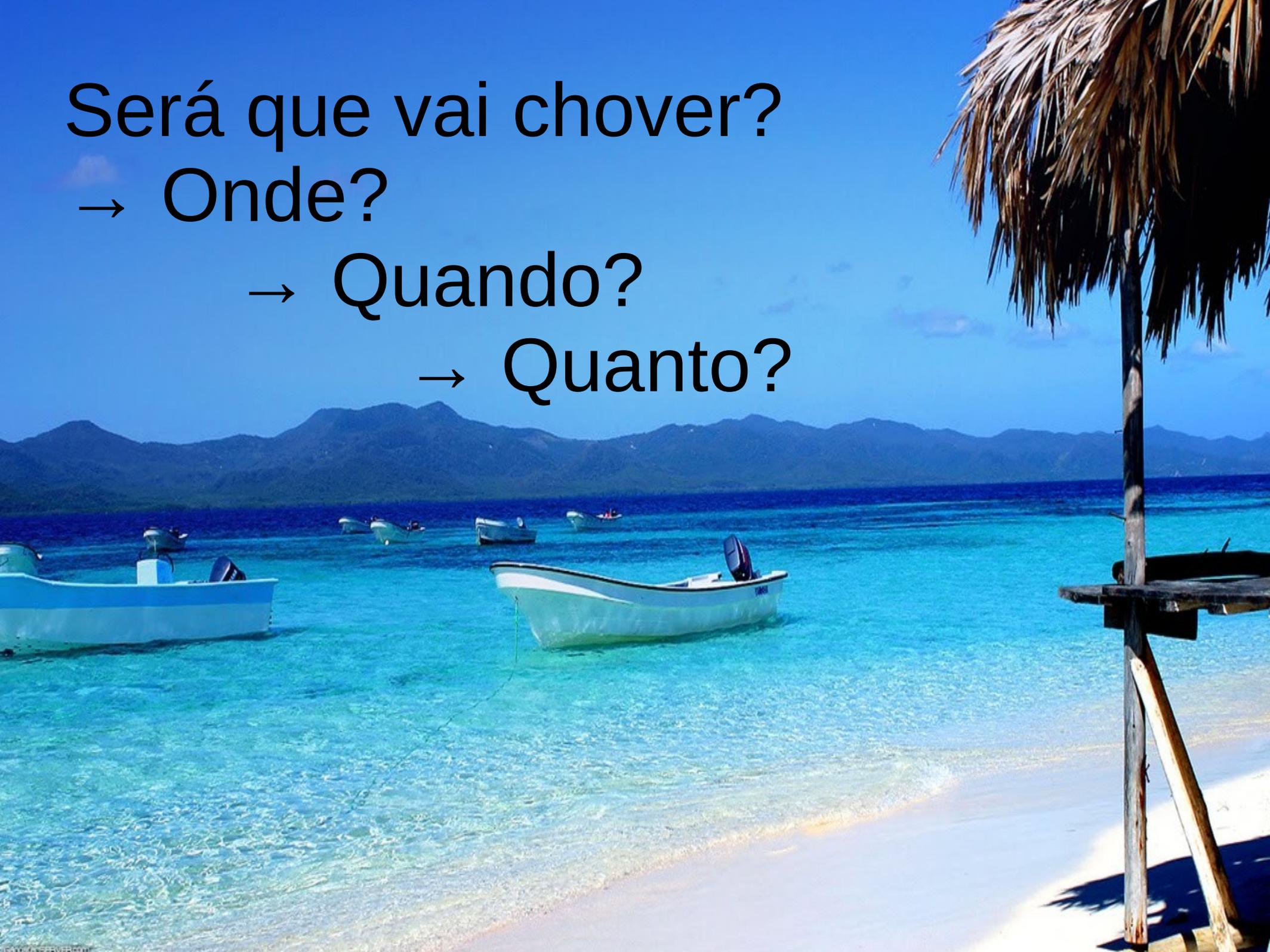


Será que vai chover?

→ Onde?

→ Quando?

→ Quanto?



# Utilidade:

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



FYZOEP - NEIDR - 03/05/2020

# 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: horárias, diárias (24h), mensal.
- Acumulativo, caçamba, eletro-acústicos e óticos (disdrômetros).
- Só mede no local onde está instalado.

# Radar Meteorológico

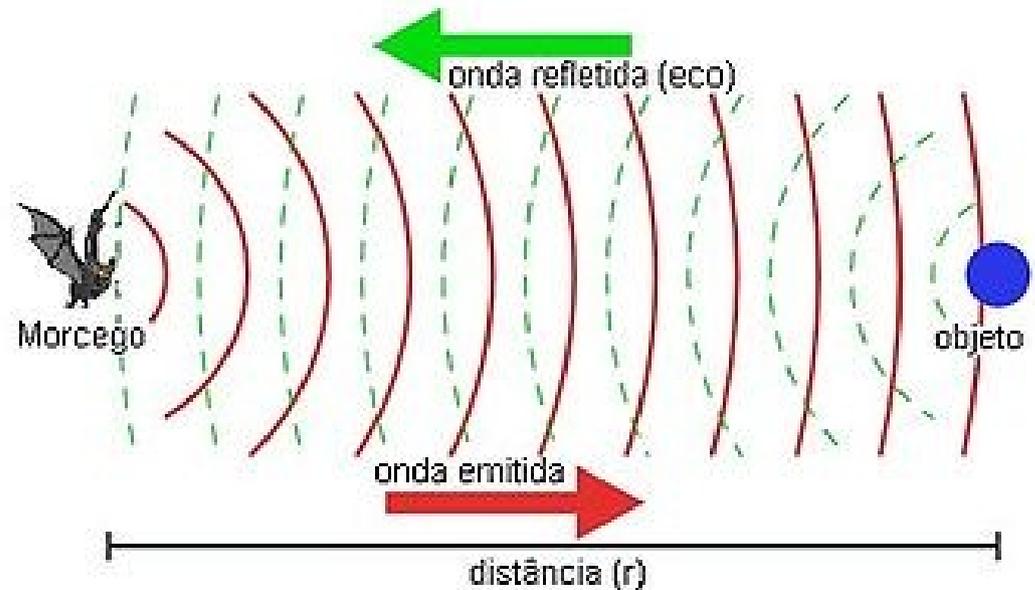
- Mede a chuva em „Z“ (uma equação „transforma“ em mm)
  - Instantânea, várias leituras por hora (IPMet=8)
  - Software pode acumular por regiões (ex: bacias)
- Doppler, polarização simples ou dual;
- Grande área de cobertura: raio de até 450km (IPMet).

# RADAR

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

# Princípio de funcionamento:

- Morcego (SONAR)
  - Pulsos (Ultrassom)

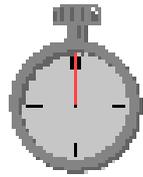


- Distância Alvo (R):

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

*No radar :  $R = \frac{t}{2} \cdot c$  , onde  $c = \text{veloc. da Luz}_1$*

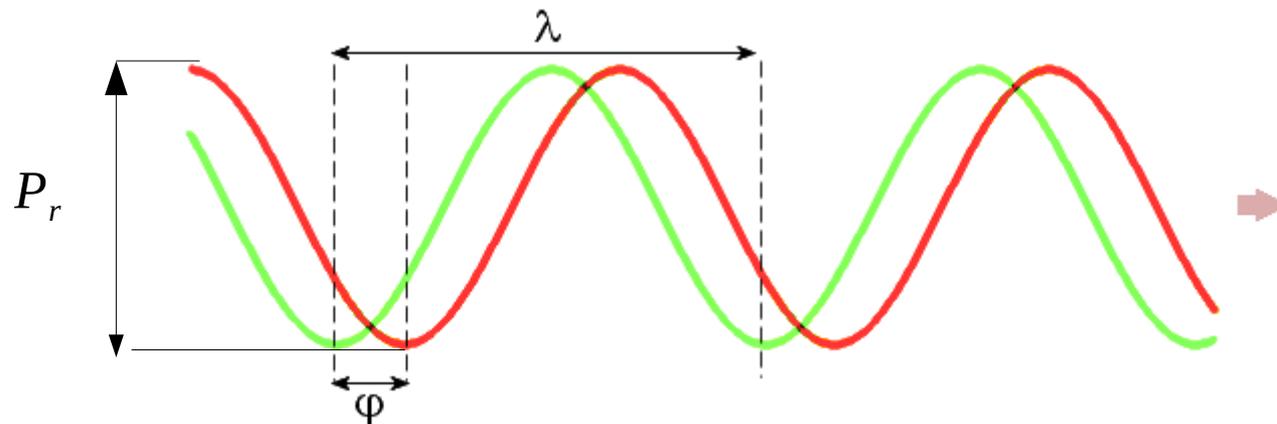
# Princípio de Funcionamento:



- 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.

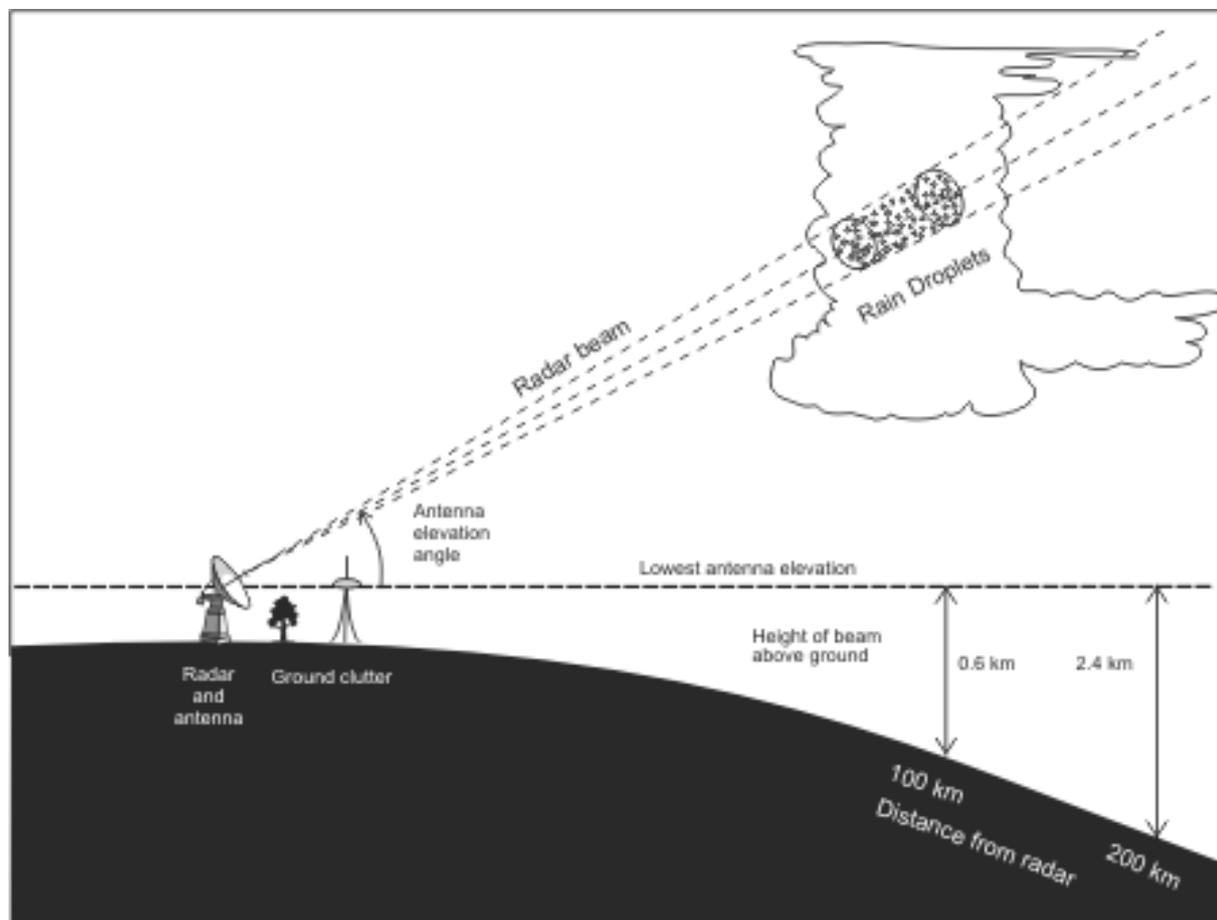
# Princípio de Funcionamento

- 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 „eco“ com relação ao pulso enviado.
  - Polarimétrico: H e V

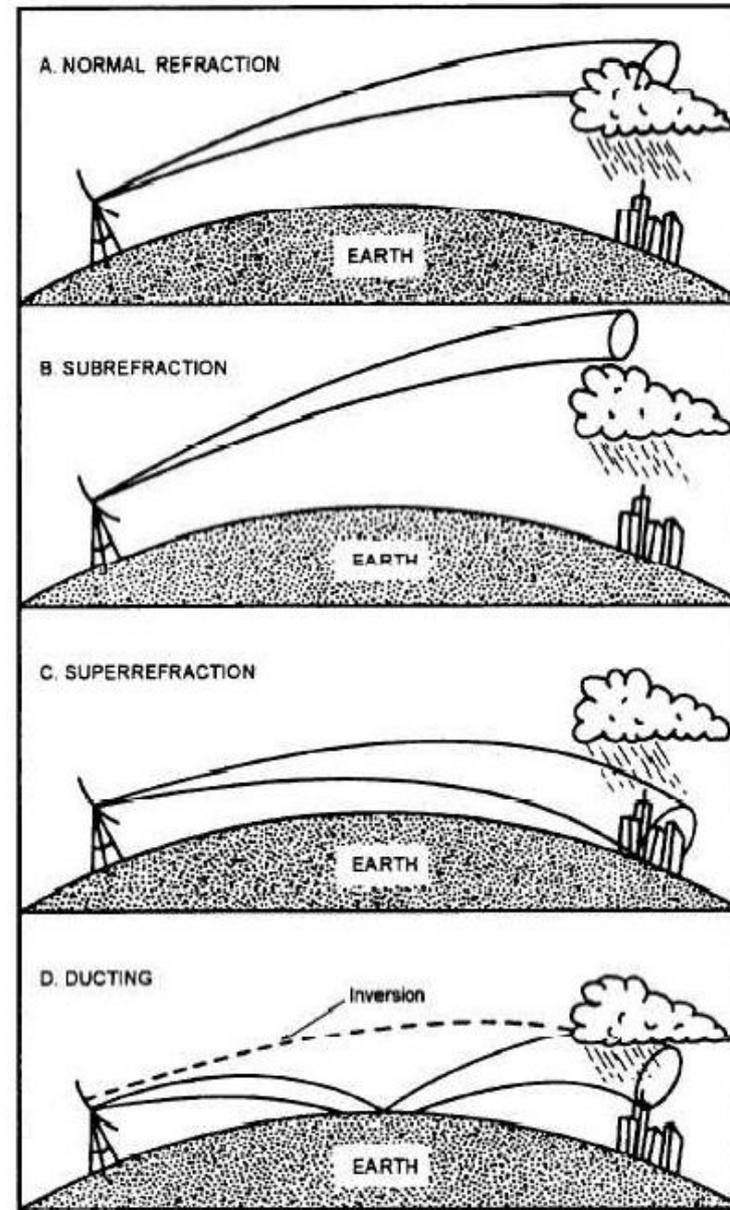
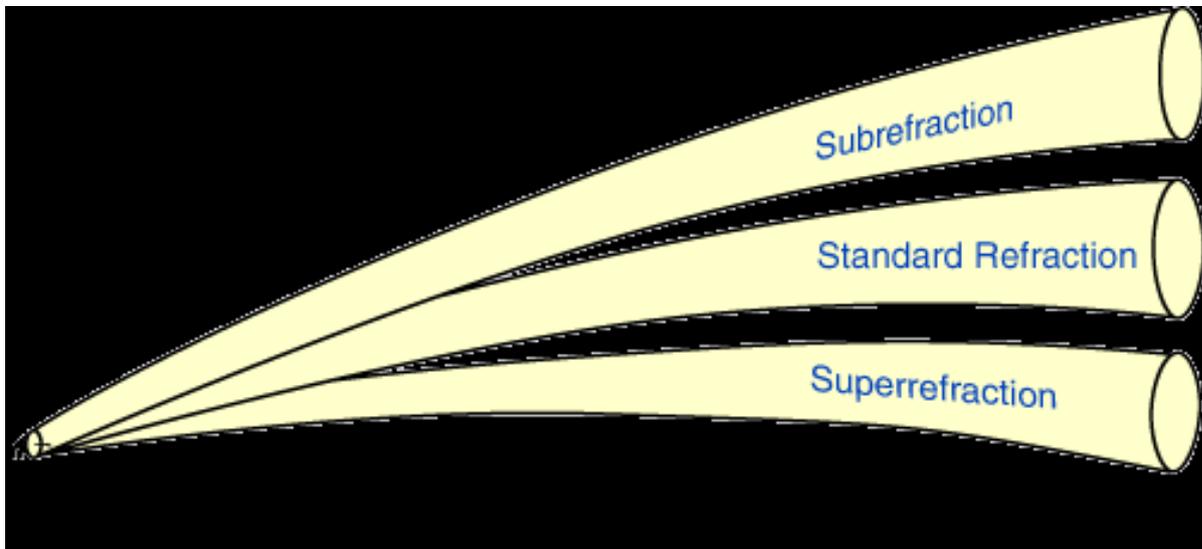
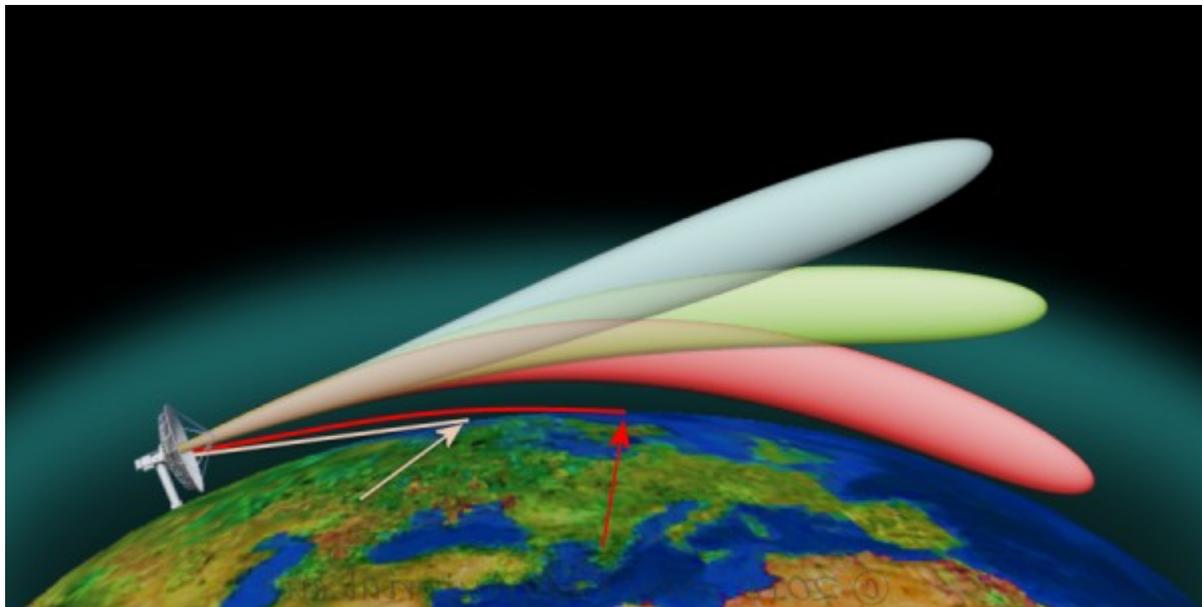


# Sistema de coordenadas

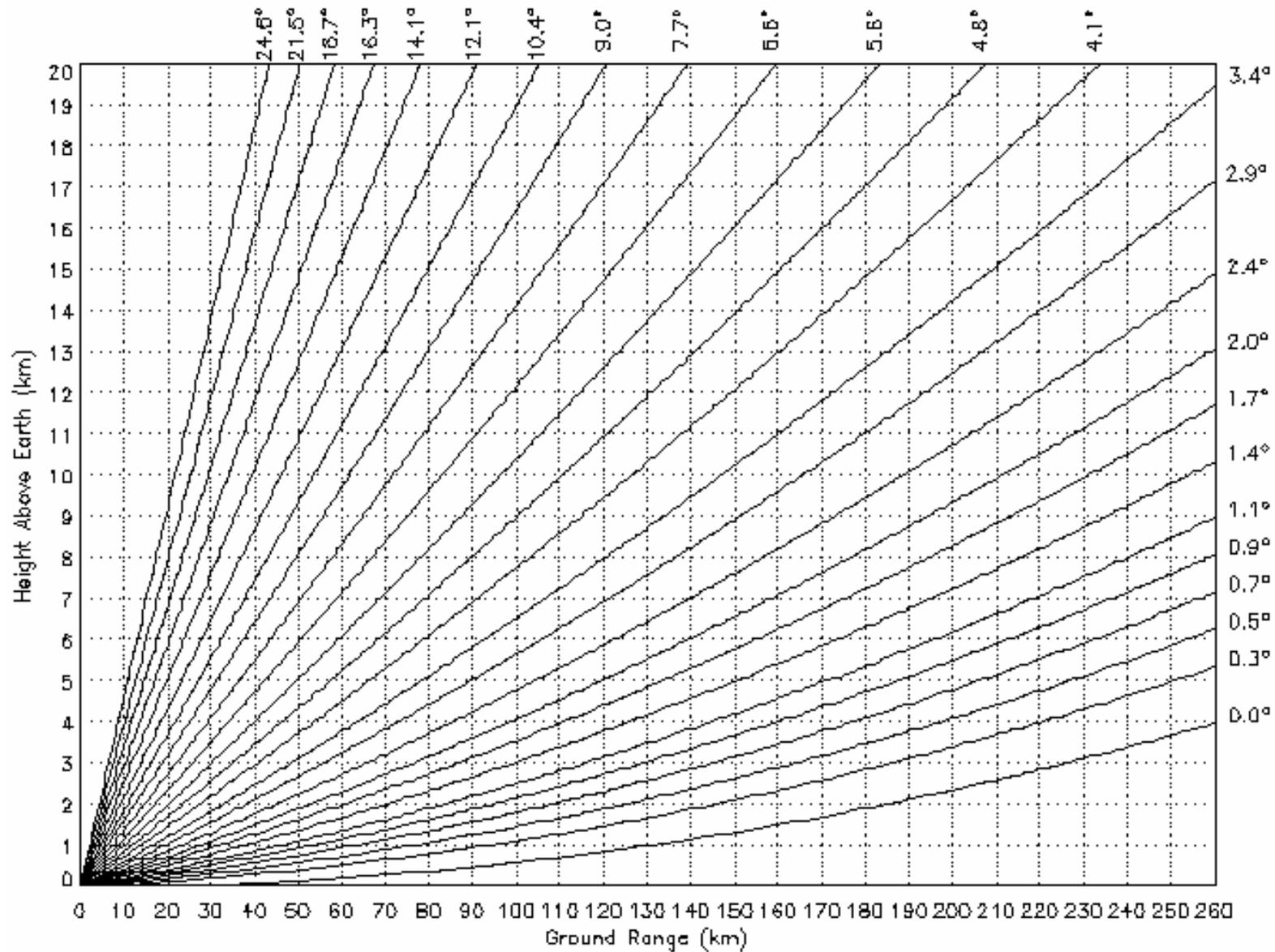
- Polar (3D):
  - Distância (**R**)
  - Ângulos Az e El
    - Az = azimuth: Norte geográfico =  $0^\circ$ , sentido horário.
      - De  $0^\circ$  a  $360^\circ$
    - El = elevação: horizonte =  $0^\circ$ .
      - De  $0^\circ$  a  $90^\circ$  (zênite)



# 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

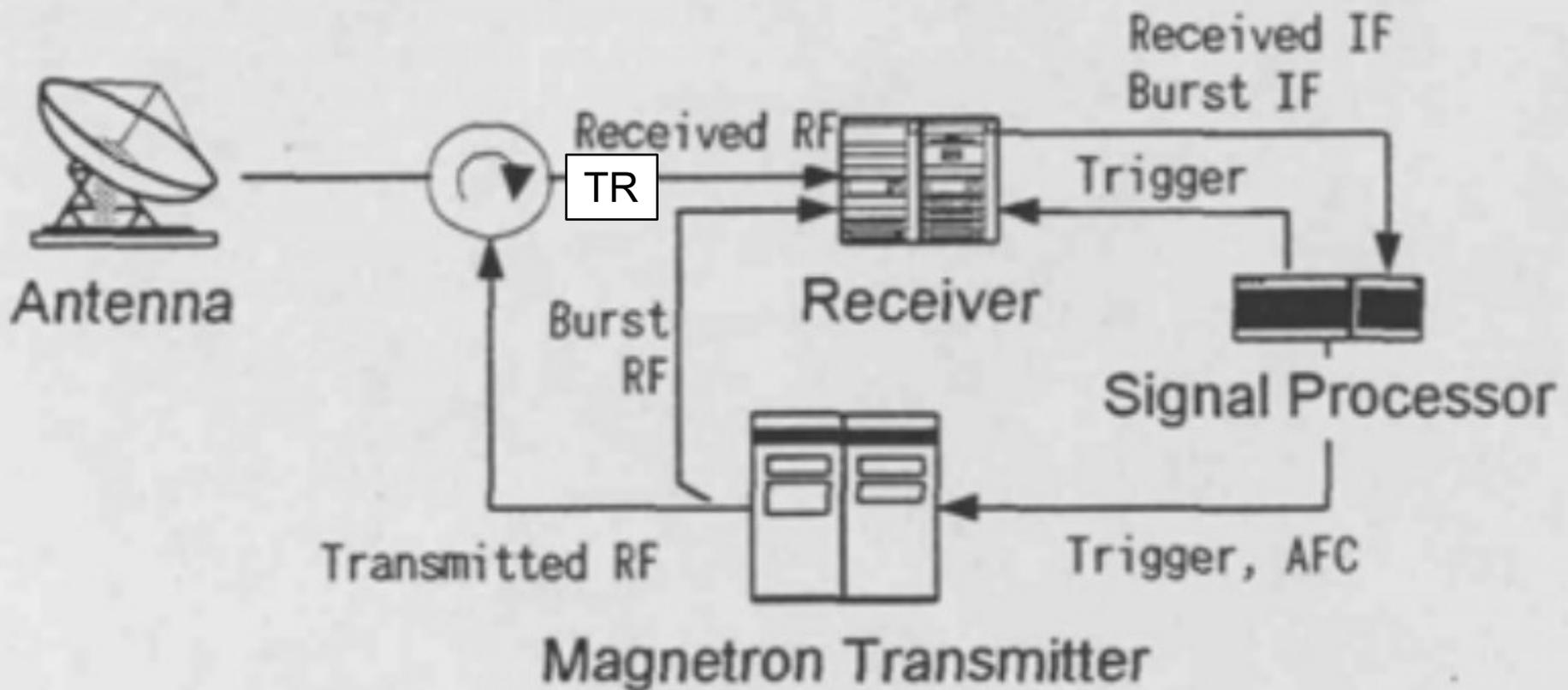
0dBm = 1mW

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

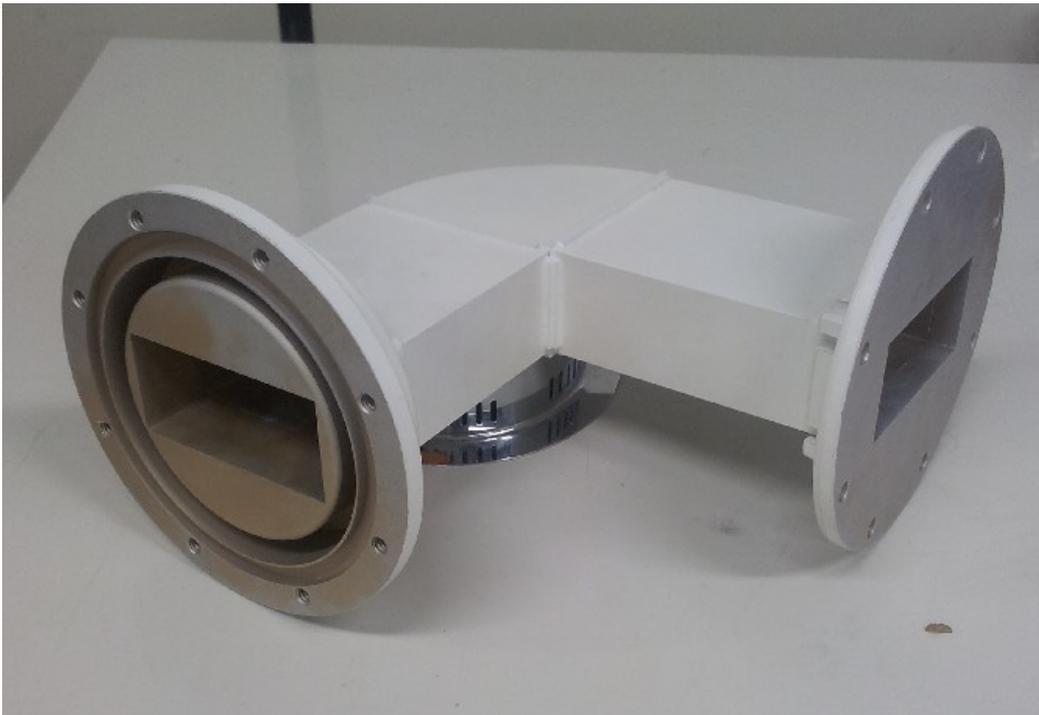
- Concentrar a potência do sinal a ser transmitido/recebido numa direção.
- Parabólica, 4m, fechada, em 2.8GHz:
  - Ganho: ~38dB (6300x)
  - Largura do feixe (-3dB): 2°
- Pedestal: movimentar a antena (30°/s) e fornecer o posicionamento ( **elevação** e **azimute** ).
- Radome: proteger o sistema mecânico da ação do vento.

# Antena



# Guia de Onda

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

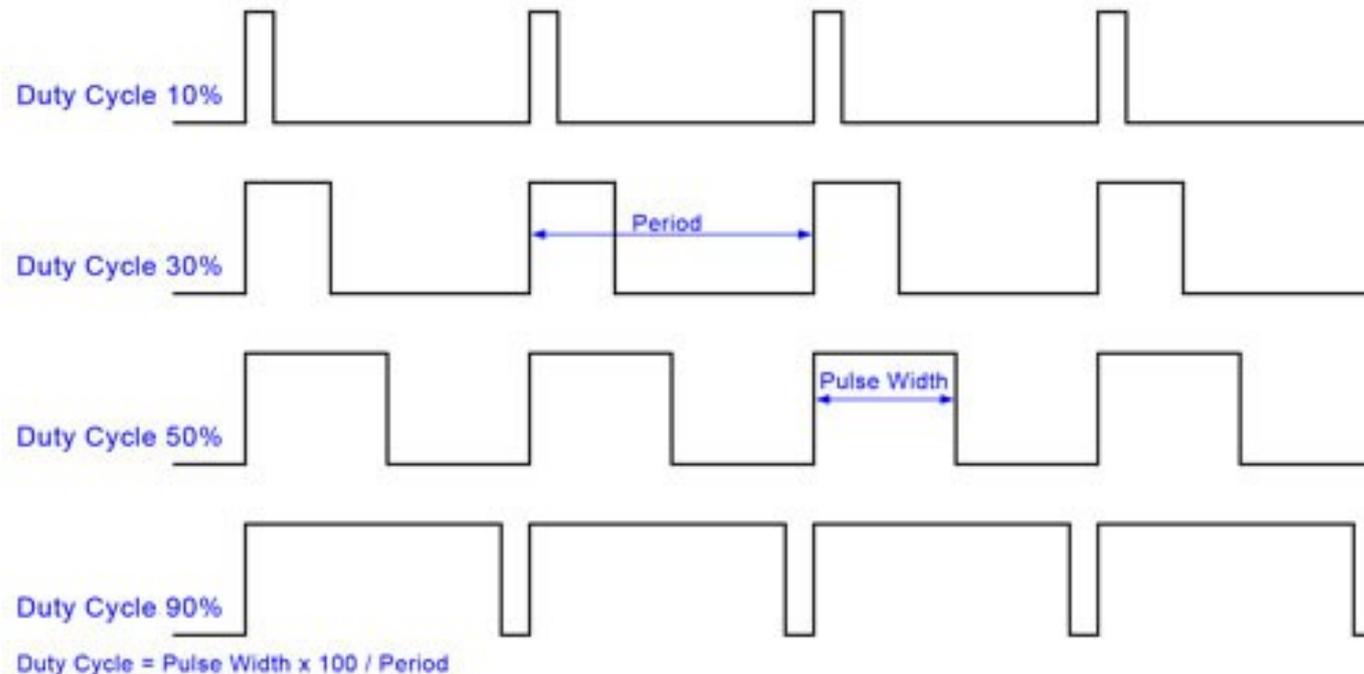


# Guia de Onda



# 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)
  - Alimentação: ~30kV



# Transmissor

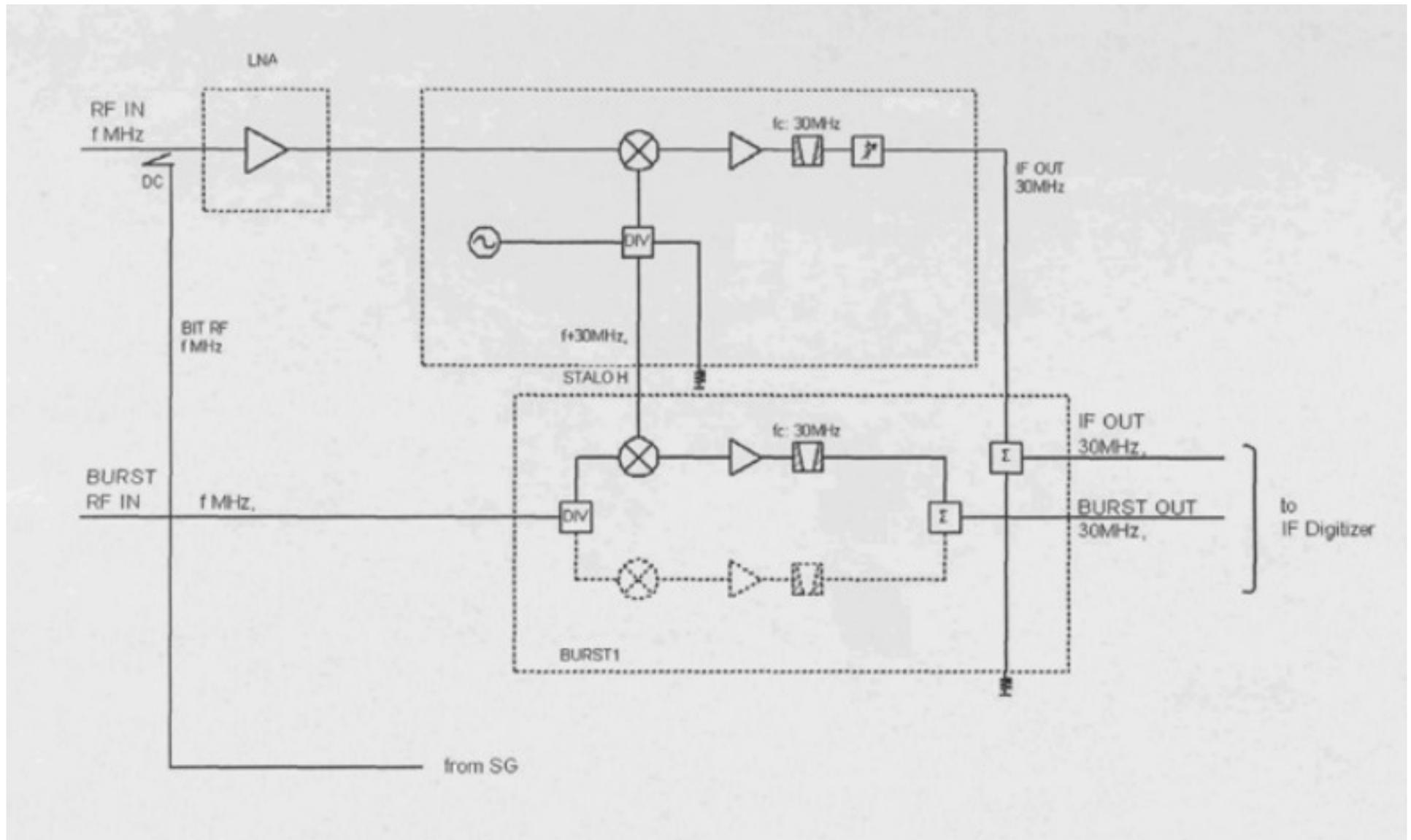
- Pulsado:
  - PRF: frequência de repetição de pulso.
  - PRT: tempo de repetição de pulso.
  - Resolução em distância:  $p_w$
- Distância não ambígua:

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

# Receptor

- Alta sensibilidade: MDS  $\sim -113\text{dBm}$
- Faixa dinâmica:  $90\text{dB}$  (sinal max:  $\sim -23\text{dBm}$ )
- Recebe o sinal de  $2,8\text{GHz}$  e mistura com um sinal de  $2,830\text{GHz}$  resultando numa „FI“ de  $30\text{MHz}$ .
- Também recebe um sinal de amostra da transmissão.
- Digitaliza o sinal de  $30\text{MHz}$  („SDR“)

# Receptor



# Circulador / Limitador T-R

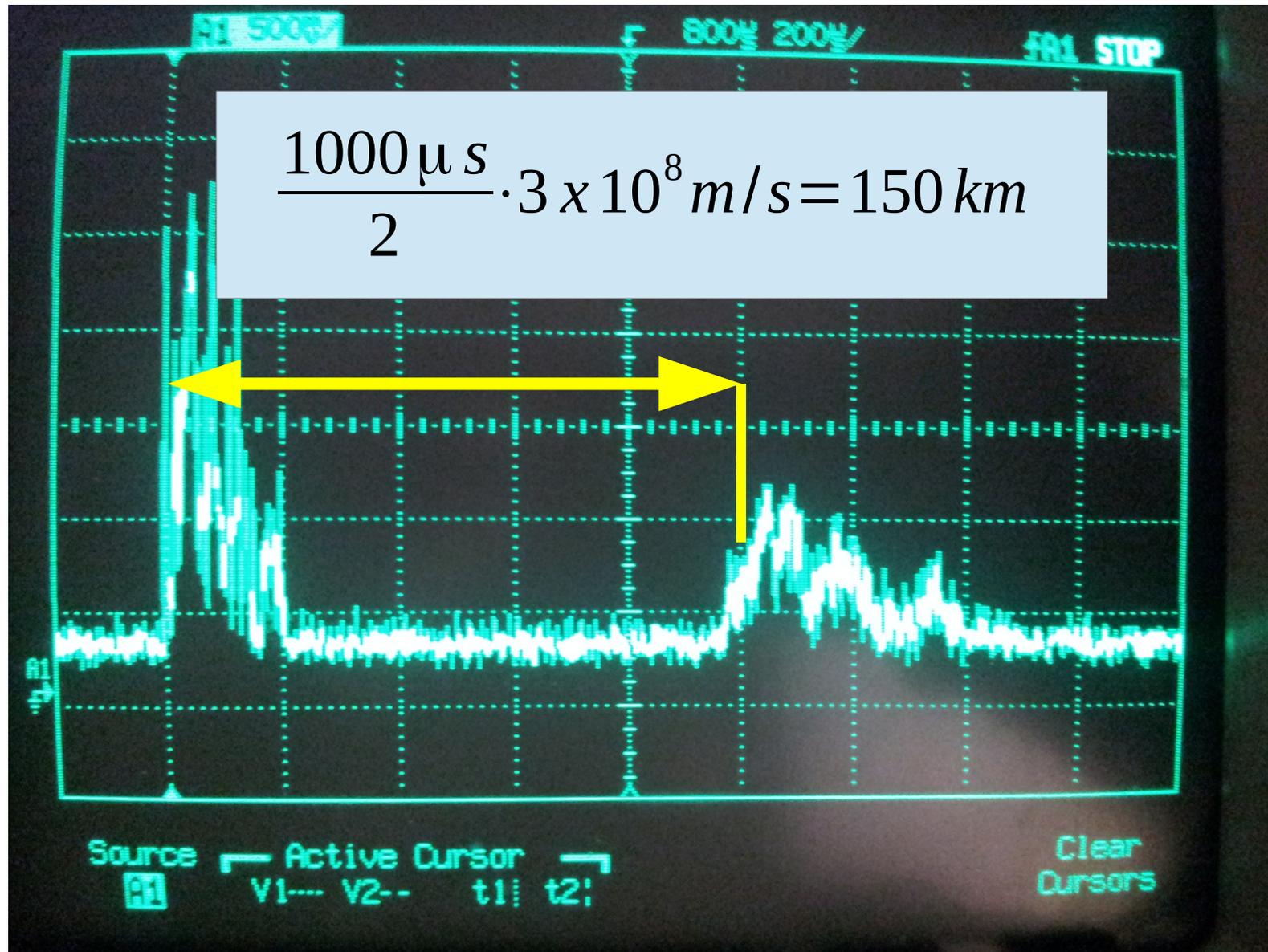
- Circulador: uma única antena para a transmissão e recepção
- T-R Limiter: isolar o receptor no momento da transmissão do pulso.
- Acessório: acoplador bidirecional para medição da potência emitida e da refletida.

# Processamento de Sinais

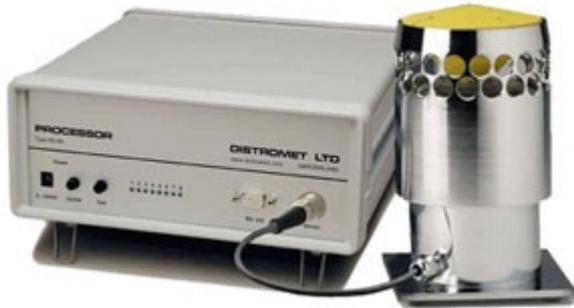
- Os sinais recebidos e digitalizados são tratados.
- A intensidade dos sinais é corrigida para compensar a distância.
- A „frequência“ dos ecos é comparada com a „frequencia“ dos pulsos transmitidos.
- Os dados são convertidos em imagens.



# Processamento de Sinais



# Calibração



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

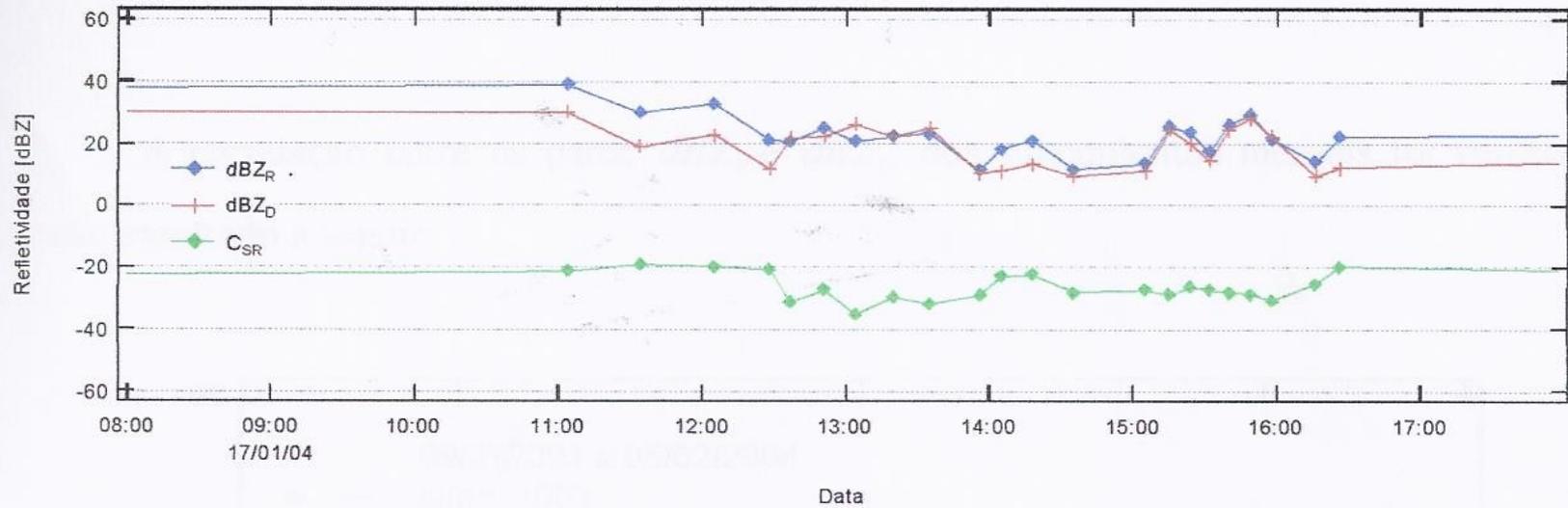
$$Z_0 = 1 \text{ mm}^6 \text{ m}^{-3} \Rightarrow \text{dBZ} = 10 \cdot \log(Z)$$



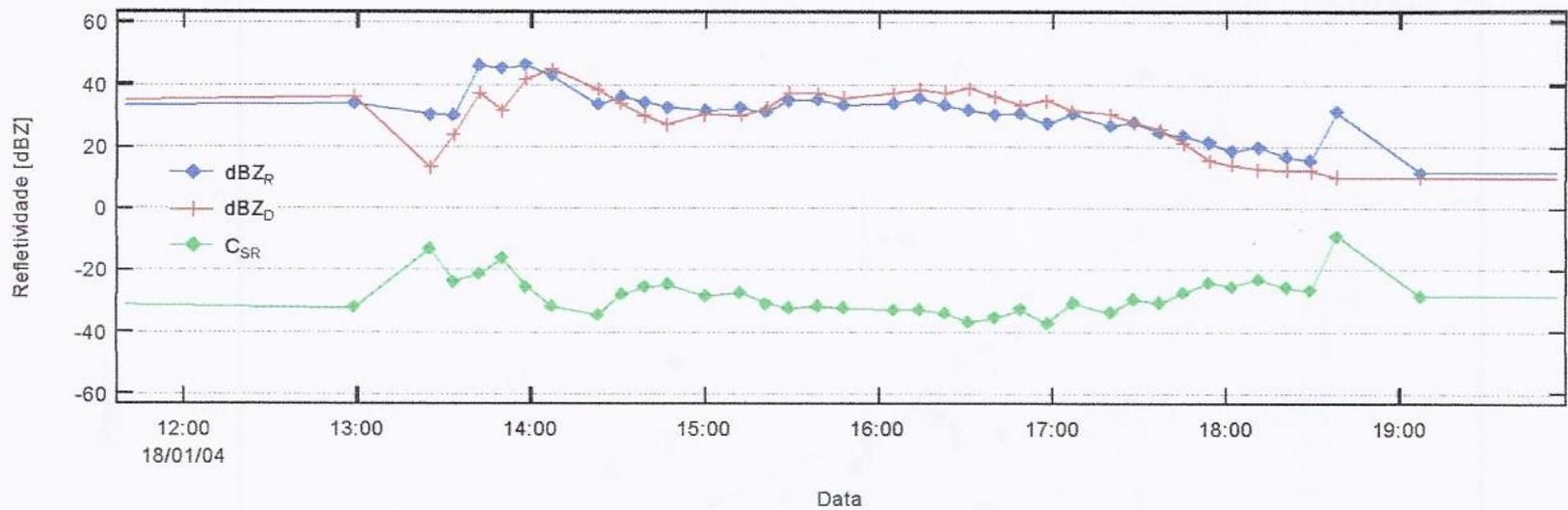
$$\text{dBZ} = P_r + 20 \log(r) + C$$

# Calibração

(a)

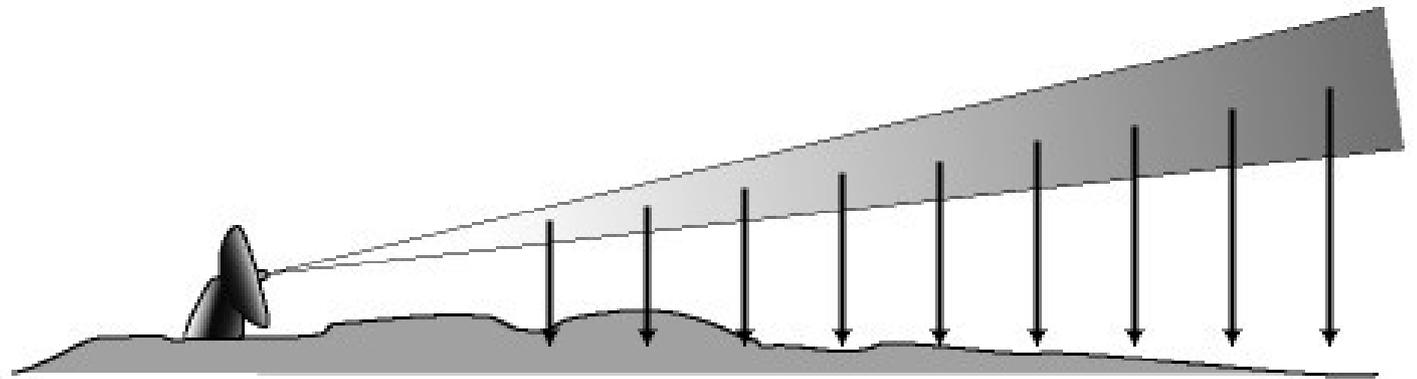


(b)

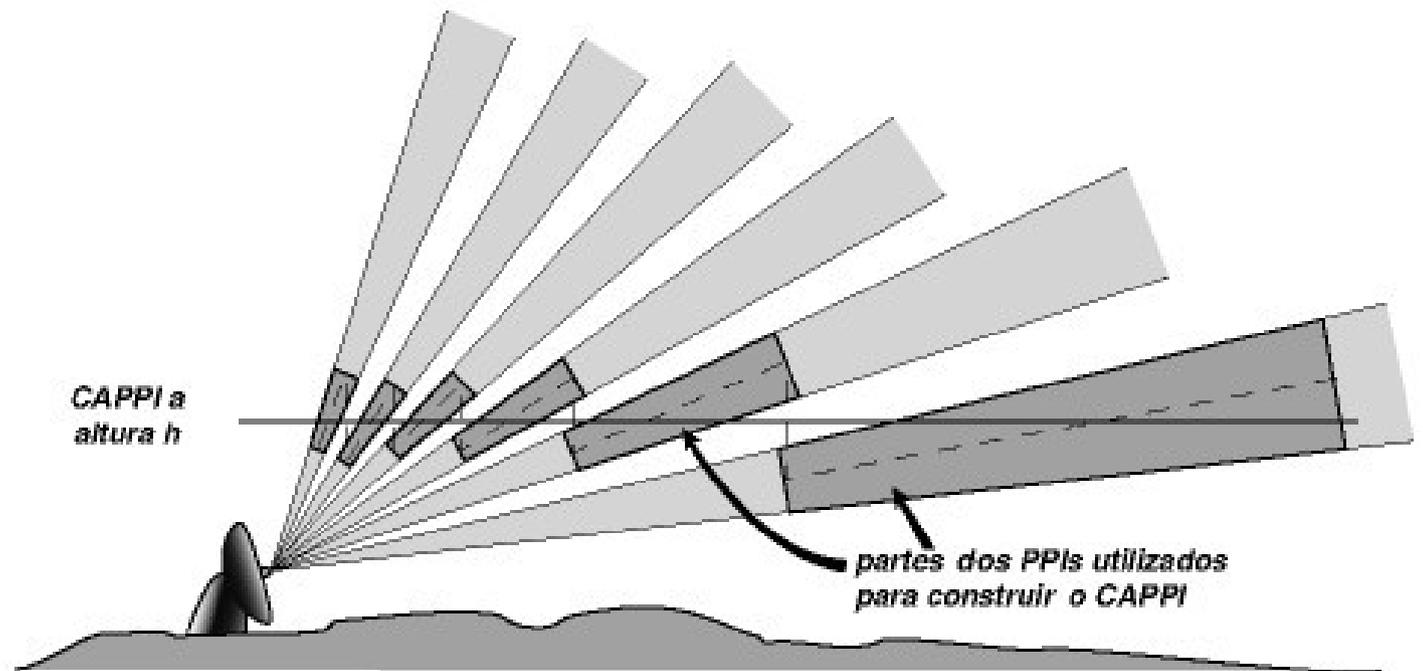


# Produtos do Radar

- PPI

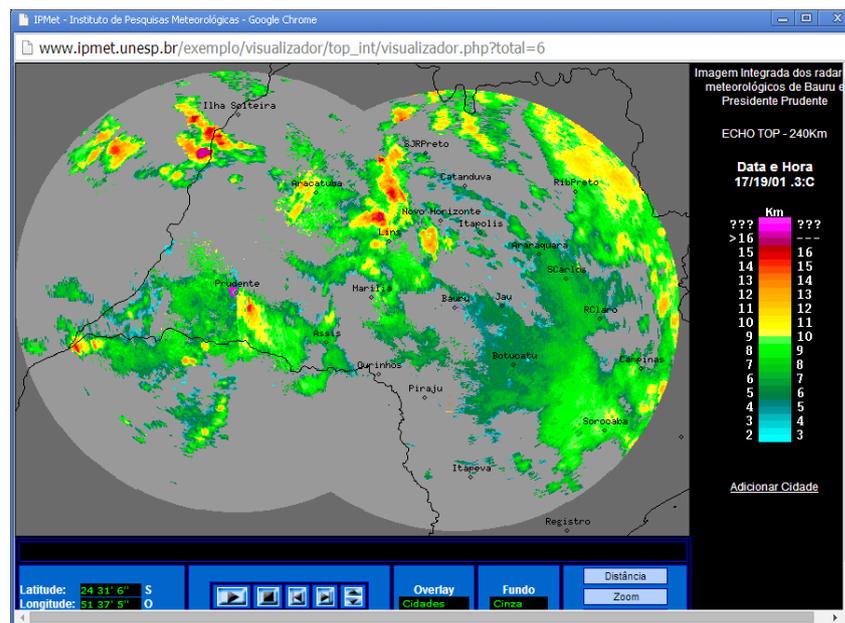


- CAPPI



# „Produtos“ de radares meteorológicos:

- IPMet/UNESP - IPMetRadar.com.br
- Thunderstorm Identification, Tracking, Analysis and Nowcasting (Titan): <https://twitter.com/ipmet>
- RedeMet (FAB)
- SIMEPAR
- CPMET - UFPEL
- CEMADEN



# Referências

- <http://www.ipmet.unesp.br/>
- <http://www.radartutorial.eu/>
- [www.meted.ucar.edu/radar/basic\\_wxradar/](http://www.meted.ucar.edu/radar/basic_wxradar/)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Weather\\_radar](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>