Aula – 12
Definindo as Estratégias de Varredura

Considerações para a definição das varreduras de um radar meteorológico: I

- Definir a acurácia ou precisão necessária para as estimativas do radar
  - Em geral, quanto maior o número de amostras em cada volume iluminado melhor a precisão
  - Quanto maior o número de bins dentro de um espaço 3D maior a representação da precipitação.

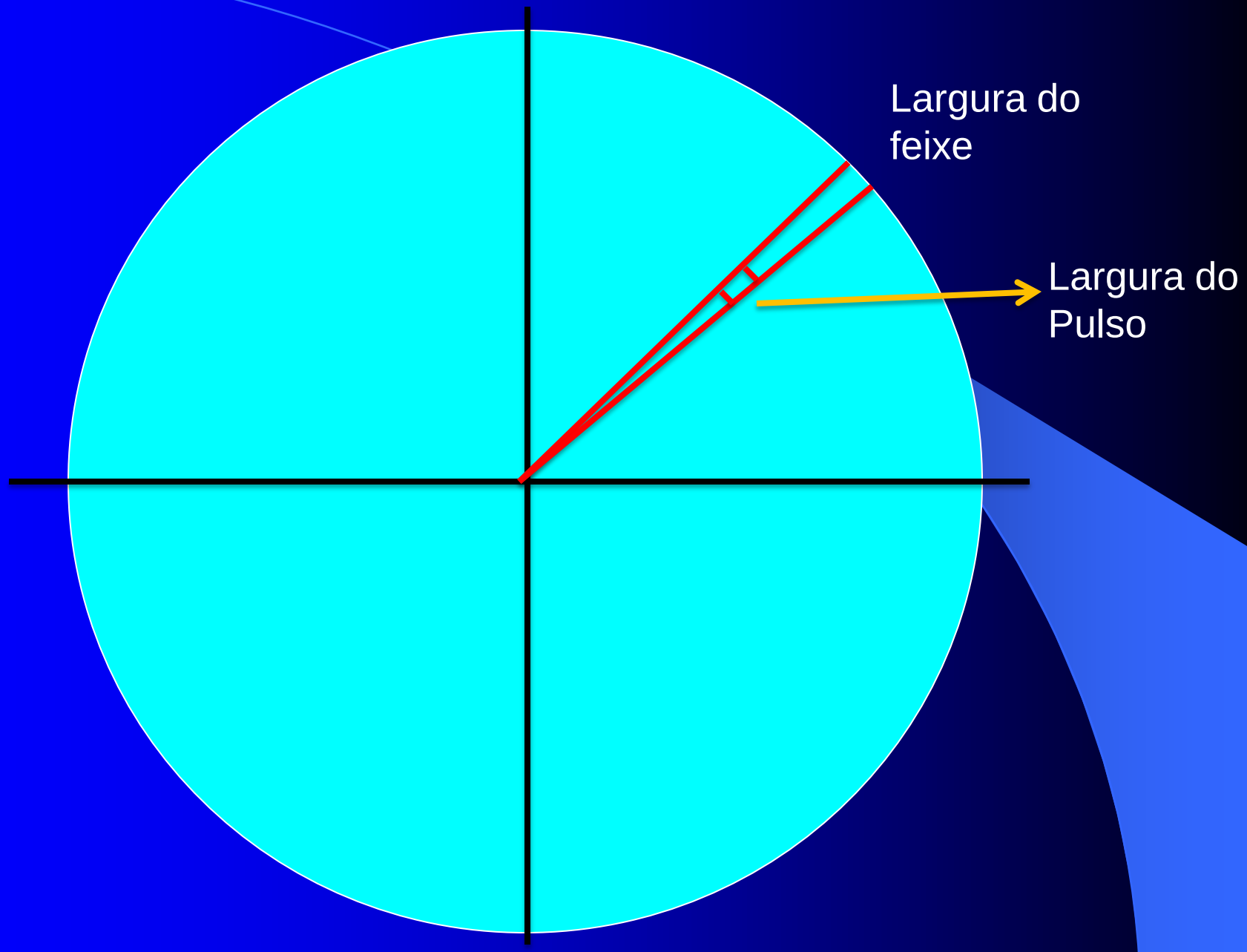
Considerações para a definição das varreduras de um radar meteorológico: II

- Definir a resolução espacial em coordenadas polares (largura do pulso, espaçamento azimutal e de elevação, tamanho do bin)

  - Resoluções melhores implicam em mais varreduras, logo taxas de varredura mais lentas.

  - Resoluções polares pobres podem deixar falhas/buracos nos dados interpolados em um grid

- Limitando o tempo para uma varredura volumétrica
  - Saber qual é a evolução temporal característica do alvo a ser observado


Largura do
feixe
Largura do
Pulso

Considerações para a definição das varreduras de um radar meteorológico: III

Conhecer a topografia da região

-Se o terreno for acentuado, estratégias diferenciadas devem ser utilizadas para inferir os parâmetros. Em geral utiliza-se o método de Vertical Profile of Reflectivity – VPR

[M.Borga, E.N. Anagnostou, and E. Frank, "On the use of real-time radar rainfall estimates for flood prediction in mountainous basins," Journal of Geophysical Research-Atmospheres , 105, D2, 2269-2280]

Levantar o comportamento da variação vertical do índice de refratividade

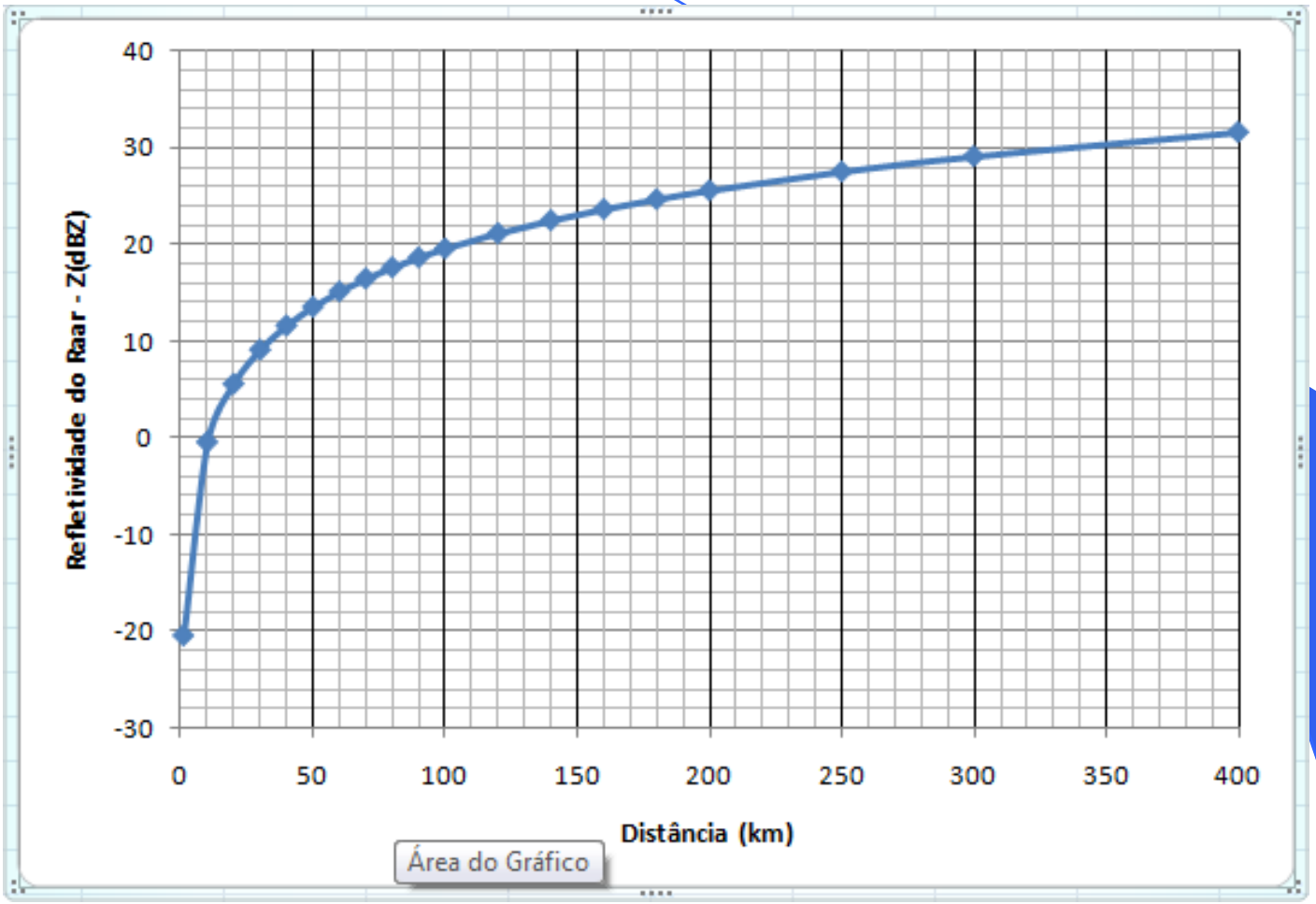
- Avaliar se existe propagações anômalas;
- Avaliar os ecos de terreno

Considerações para a definição das varreduras de um radar meteorológico: IV

Lembrar que a potência recebida varia com o inverso da distância do alvo ao quadrado.

$$\overline{P}_R = Cte \bullet \frac{|K|^2}{r^2} Z$$

Banda S, 1 grau de abertura, Sinal mínimo = -108 dBM, largura do pulso = 0,1 segundo, Potência Transmitida = 750 kW



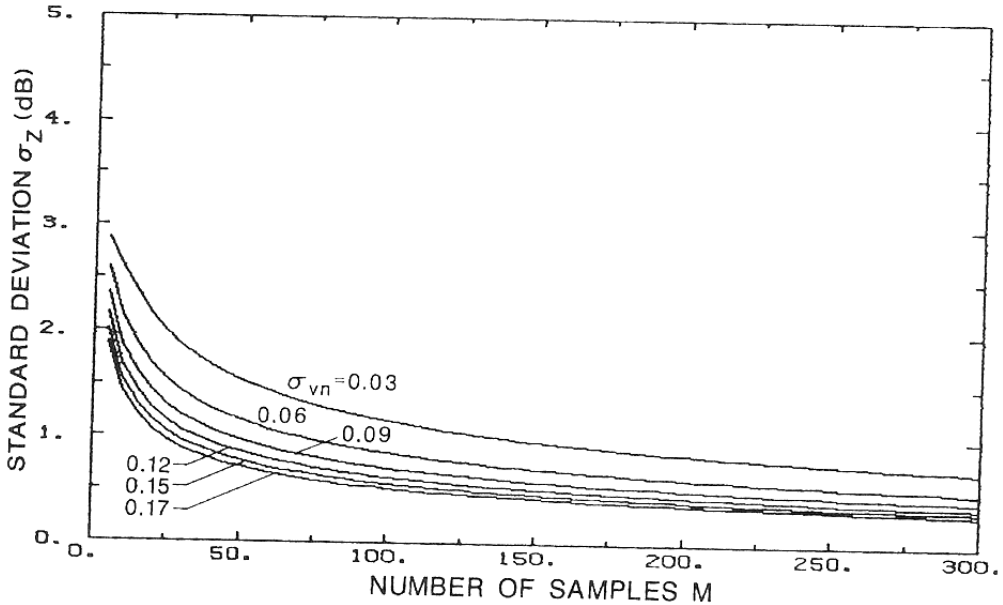


Fig. 6.2 Standard error of $\hat{Z}$ estimates (for SNR $\gg$ 1) versus M with normalized spectrum widt σ_{vn} as a parameter.

Erro nas medidas de Z em função do número de amostras utilizado para estimar Z

Doviak and Zrnic, 1993. $\sum_{n=1}^{N}(I^2+Q^2)$

As estimativa de Vr em geral tem um erro de 0.5-1 m/s

As medidas observadas são tratadas dentro do processado de sinal (Radar Signal Processor ou Radar ´Video Processor) que trata as medidas complexas demoduladas ou seja, os IQ (fase e fase de quadratura)

Cálculos para larguras espectrais tipicas (2 – 3 ms^{-1})

Número maior de amostras do que as definidas abaixo implica que será necessário um processamento para ter um número independente de amostras

Table 2. Number of Independent Samples Required to Provide a Given Standard Deviation of the Estimate of Reflectivity*

Standard deviation (dB), integer part	*Fractional part of S.D.* .0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
	Number of independent samples									
0.		1842	450	195	107	67	46	33	24	19
1.	15	12	10	8	7	6	5	4	4	3
2.	3	3	2	2	2					

*Note that since the distribution of the non-logarithmic reflectivity tends towards a normal distribution with large sample size, the use of a logarithmic standard deviation is not strictly correct.

σ(dB) = 1,2 → 10 amostras

Quanto maior a largura espectral maior o número de amostras independentes

Table 1c. Antenna Speed = 10 deg/s

Width, m/s*		Hits						
		20	40	60	80	100	120	140
Met	Eff	Number of effective independent samples						
1	1.37	2.5	3.8	5.3	6.8	8.4	9.9	11.5
2	2.21	3.2	5.5	7.9	10.4	12.8	15.2	17.7
3	3.14	4.0	7.3	10.7	14.1	17.5	20.9	24.2
4	4.11	4.9	9.2	13.5	17.8	22.1	26.4	30.7
5	5.09	5.7	10.9	16.1	21.3	26.5	31.7	36.9
6	6.07	6.5	12.6	18.7	24.7	30.8	36.8	42.9
7	7.06	7.3	14.2	21.1	28.0	34.8	41.7	48.6
8	8.05	8.1	15.7	23.4	31.1	38.7	46.4	54.0
Azimuth angle		0.21	0.42	0.62	0.83	1.04	1.25	1.46

Table 1d. Antenna Speed = 15 deg/s

Width, m/s*		Hits						
		20	40	60	80	100	120	140
Met	Eff	Number of effective independent samples						
1	1.72	2.7	4.5	6.4	8.3	10.3	12.2	14.1
2	2.44	3.4	6.0	8.6	11.3	14.0	16.7	19.4
3	3.31	4.2	7.7	11.2	14.8	18.3	21.9	25.4
4	4.24	5.0	9.4	13.8	18.3	22.7	27.1	31.6
5	5.19	5.8	11.1	16.4	21.7	27.0	32.3	37.6
6	6.16	6.6	12.7	18.9	25.0	31.1	37.3	43.4
7	7.14	7.4	14.3	21.3	28.2	35.1	42.1	49.0
8	8.12	8.1	15.8	23.6	31.3	39.0	46.7	54.4
Azimuth angle		0.31	0.62	0.94	1.25	1.56	1.87	2.18

$\Delta az \rightarrow$ espaçamento azimutal

PRT – tempo de repetição do pulso hits – amostras

Rate – velocidade de rotação da antena;

Δaz=(PRT*hits)*rate;

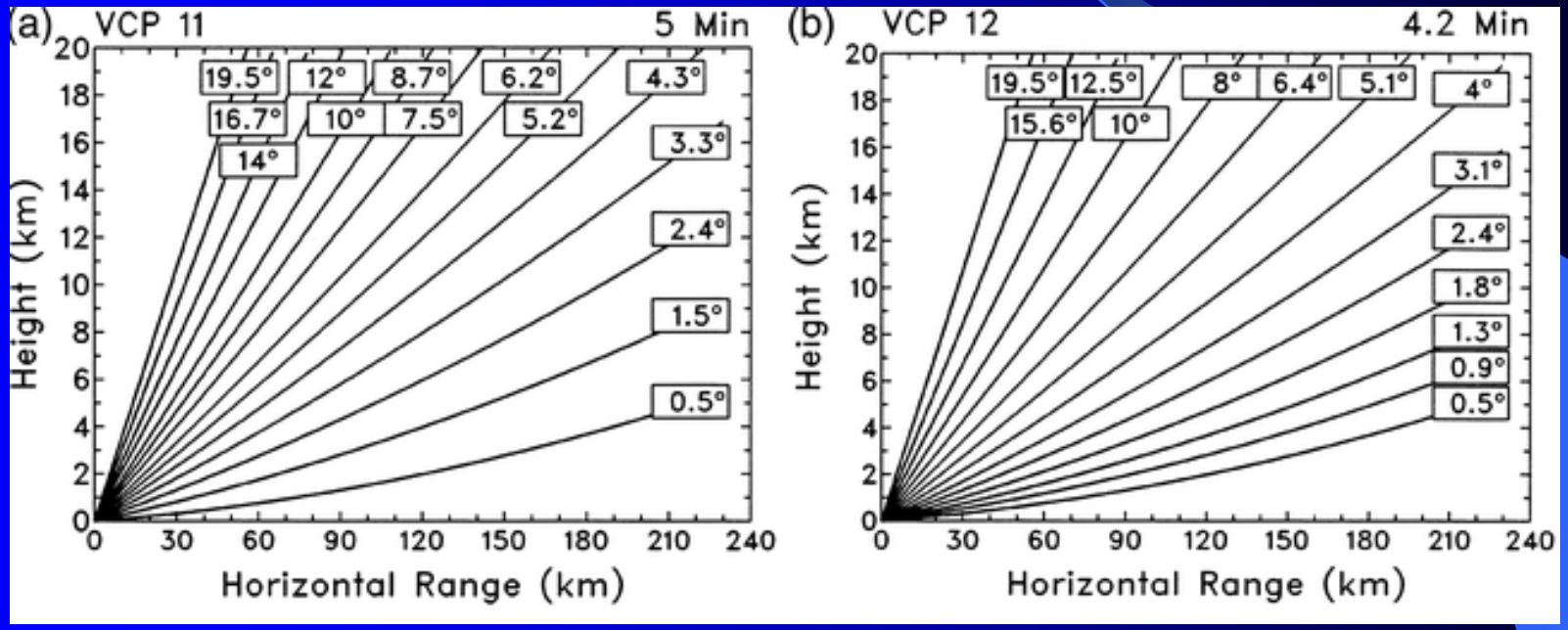
PRT=1040 μs.

Em geral Δaz é ~ a largura do feixe da antena

Valores para o radar CHILL conforme cálculos de Mueller (1989)

Exemplo de Estratégias de varredura do Nexrad WSR-88D

Note que o espaçamento do ângulo de elevação aumenta em elevações altas



Brown et al., 2005 Weather and Forecasting

Radares de pesquisa podem utilizar diversar combinações, entretanto radares operacionais não podem ter este luxo.

No exemplo abaixo, o espaçamento em elevação é ajustado para previnir o aparecimento de buracos/falhas na interpolação de uma grade. Muitos radares possuem sistemas gráficos e interativos para a definição de varreduras

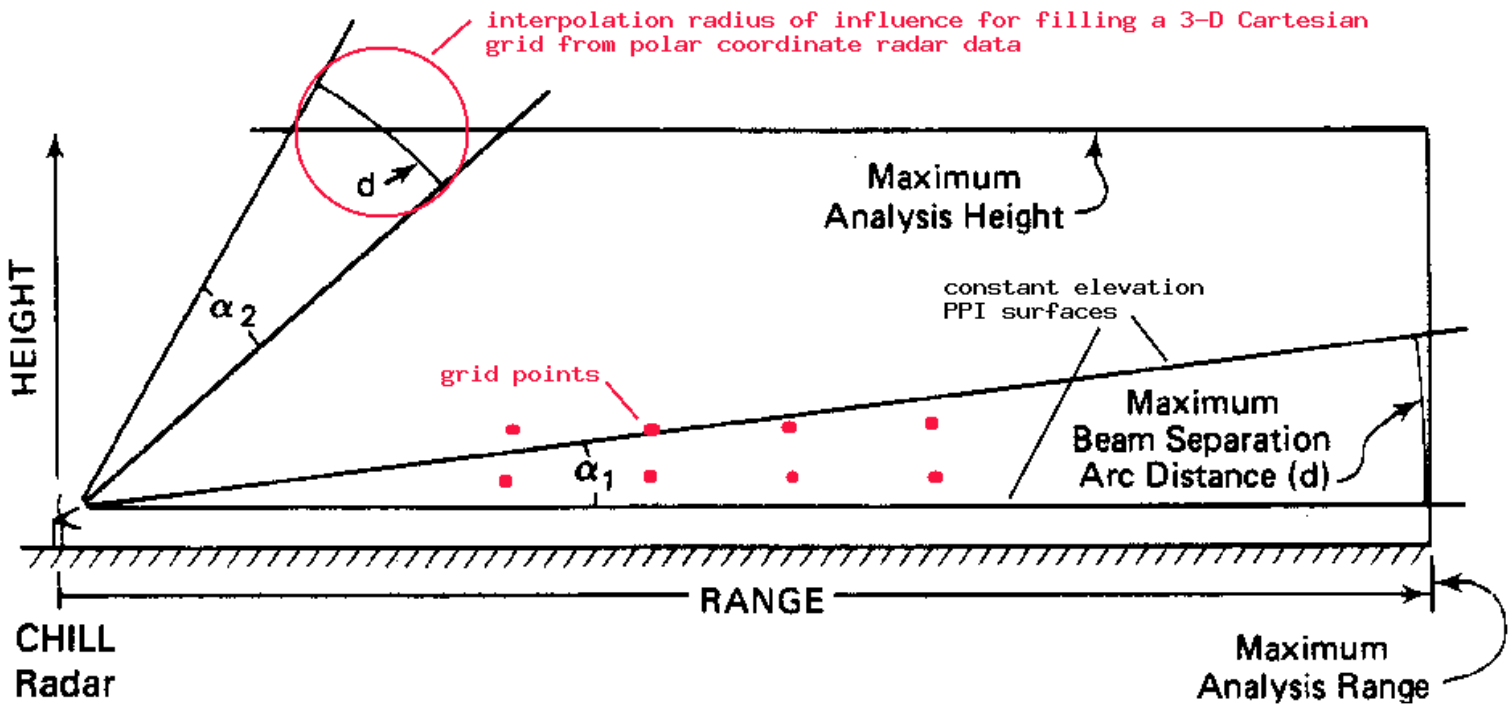
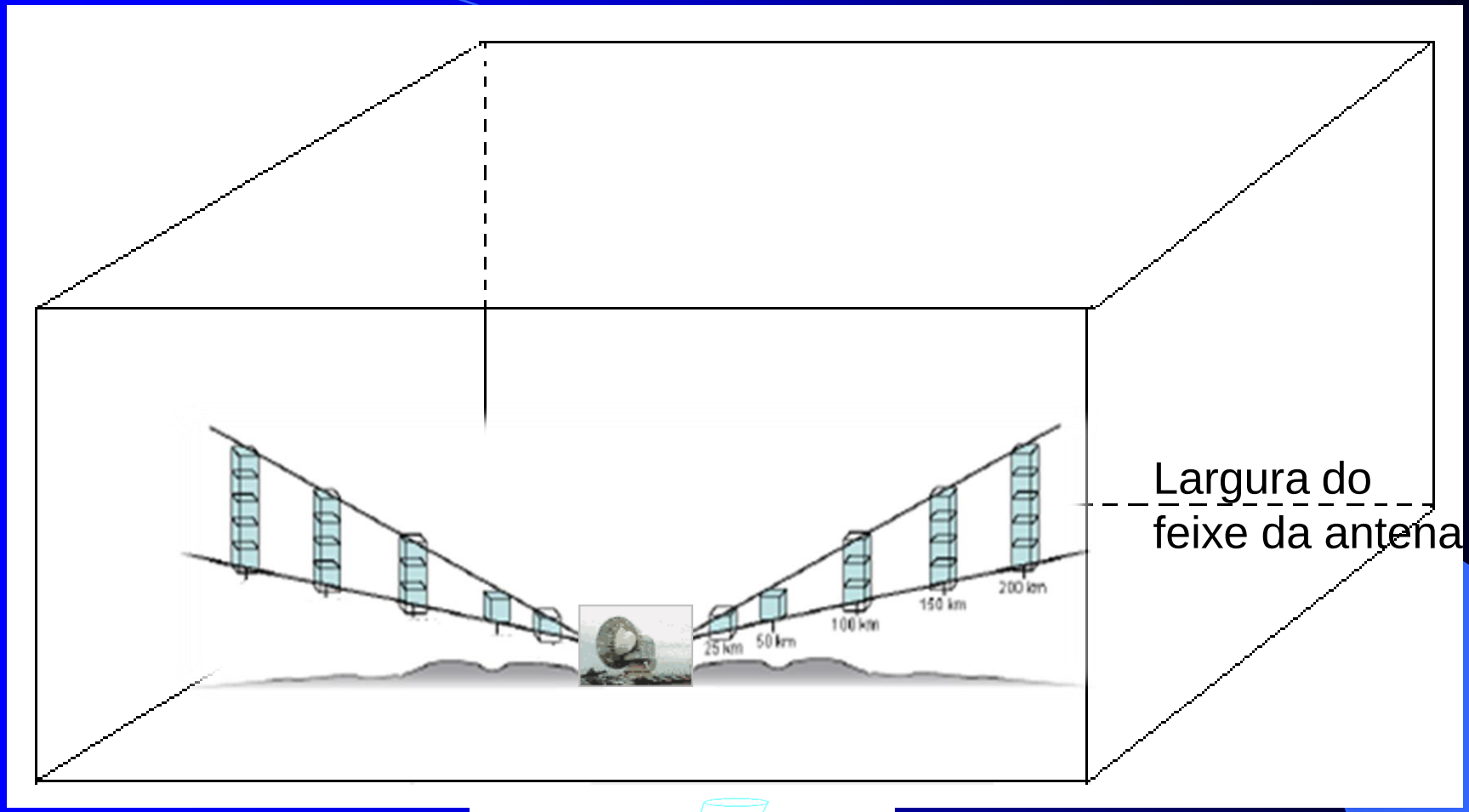
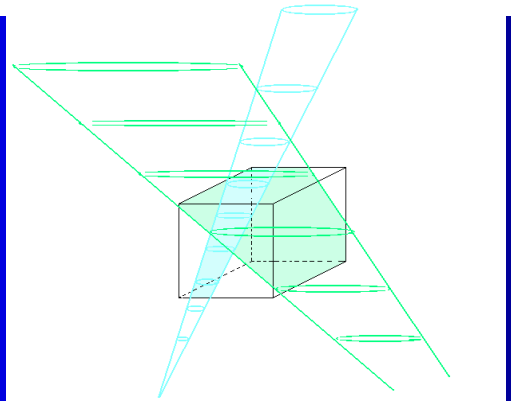


Figure 3. Elevation step optimizer geometry. Note that as slant range decreases, the elevation angle step size (α) required to conserve the maximum tolerable beam separation distance (d) increases (i.e., $\alpha_2 > \alpha_1$).

Método de interpolação 3D para calcular CAPPIs – Anagnostou et al.(1998)





Equação Básica para a definição das varreduras:

$$\Delta\phi = \frac{\partial\phi}{\partial t}\frac{N}{PRF}$$

ϕ é ângulo azimutal.

$\Delta\phi$ é o espaçamento azimutal dos raios em graus

N é o número de amostras

PRF é Frequência de repetição do pulso

DWELL TIME = N/PRF → tempo de extensão

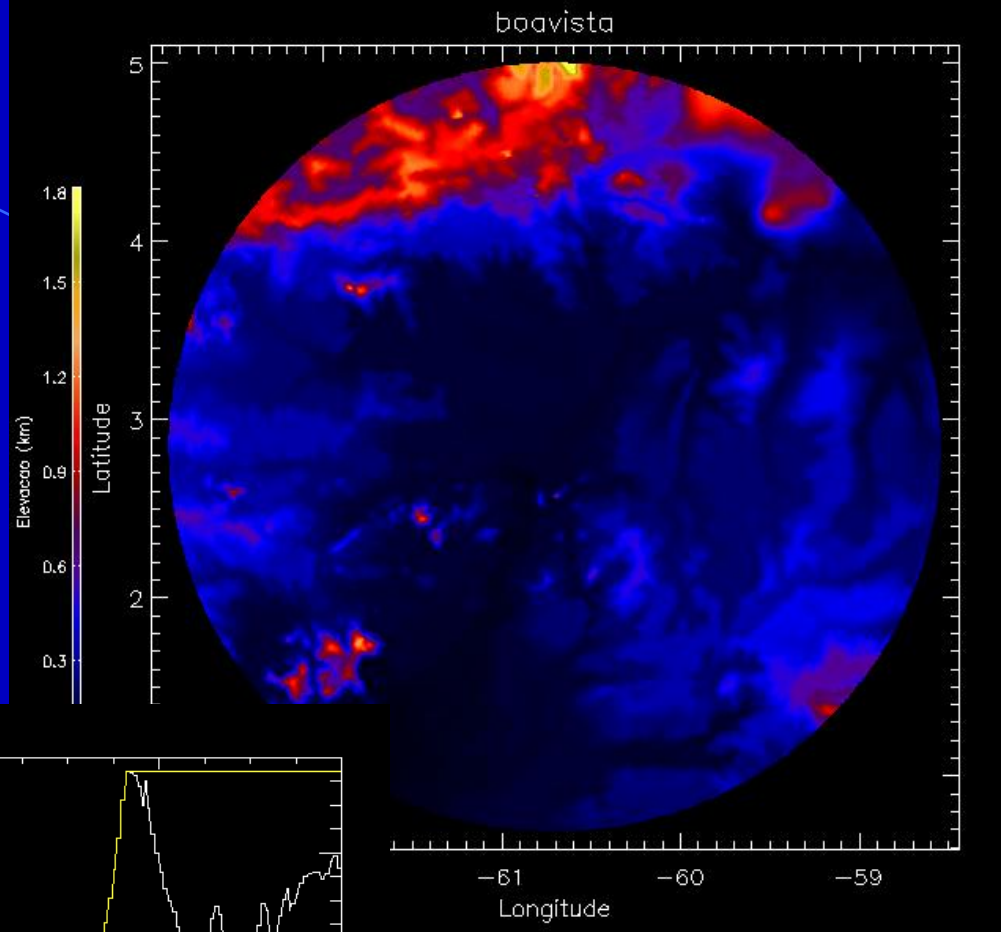
$\partial\phi/\partial t$ é a taxa de rotação da antena (graus/seg)

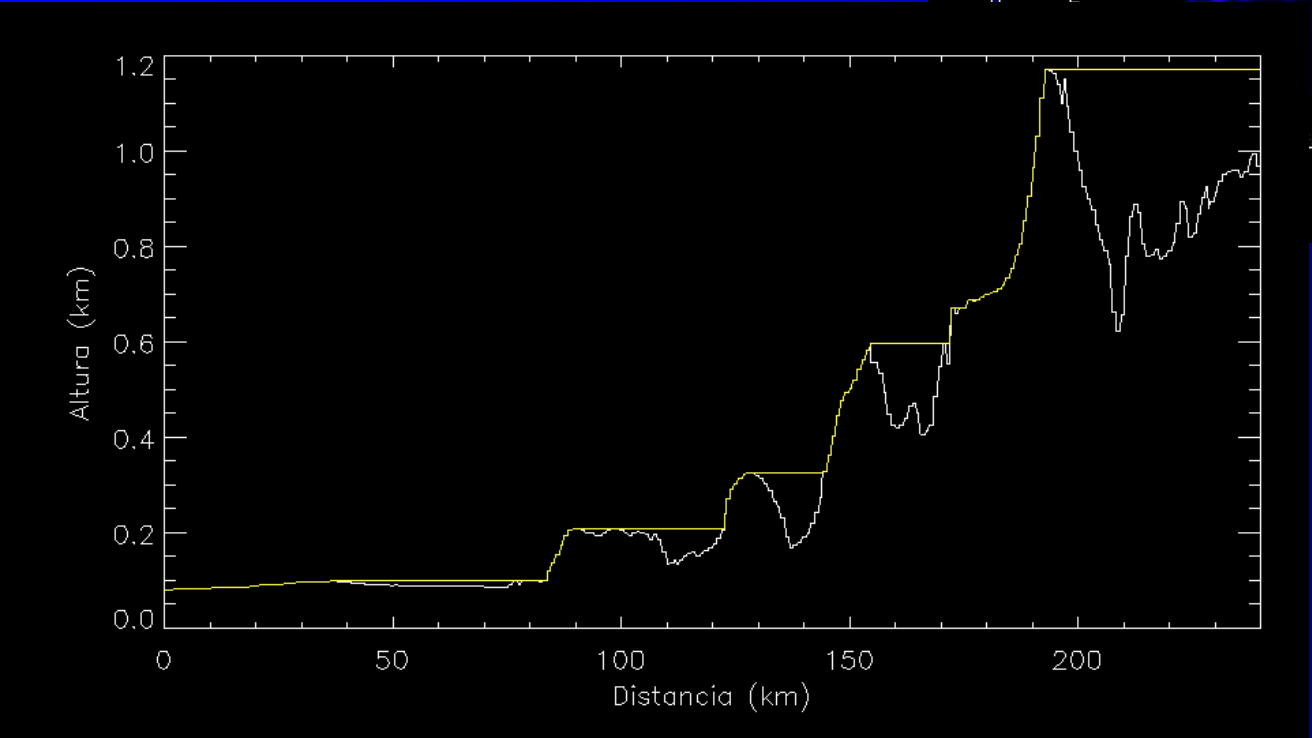
Avaliação da Topografia

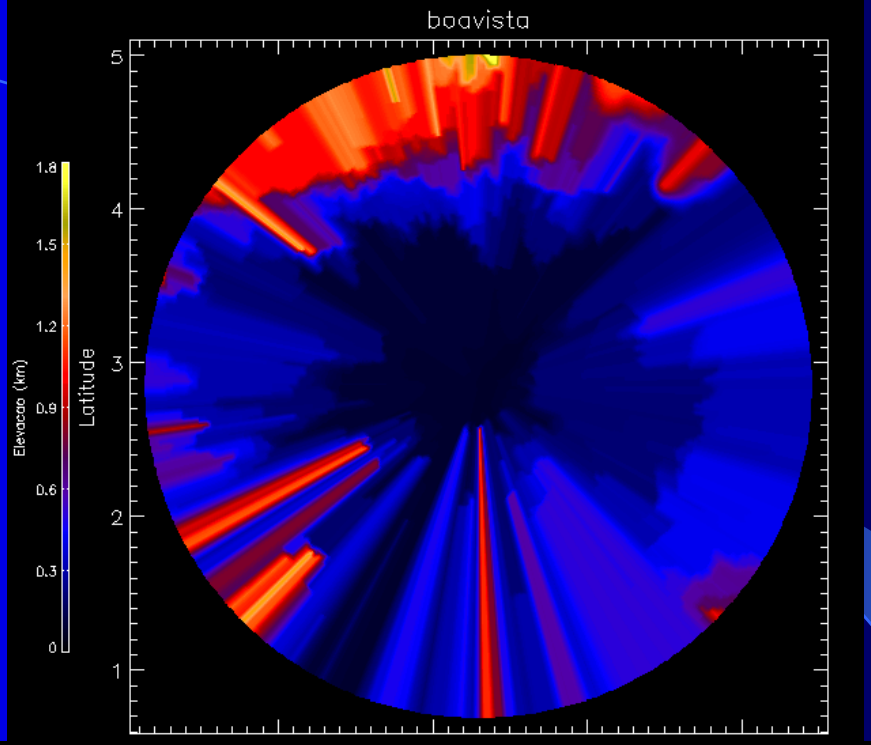
-Baixas os DEM

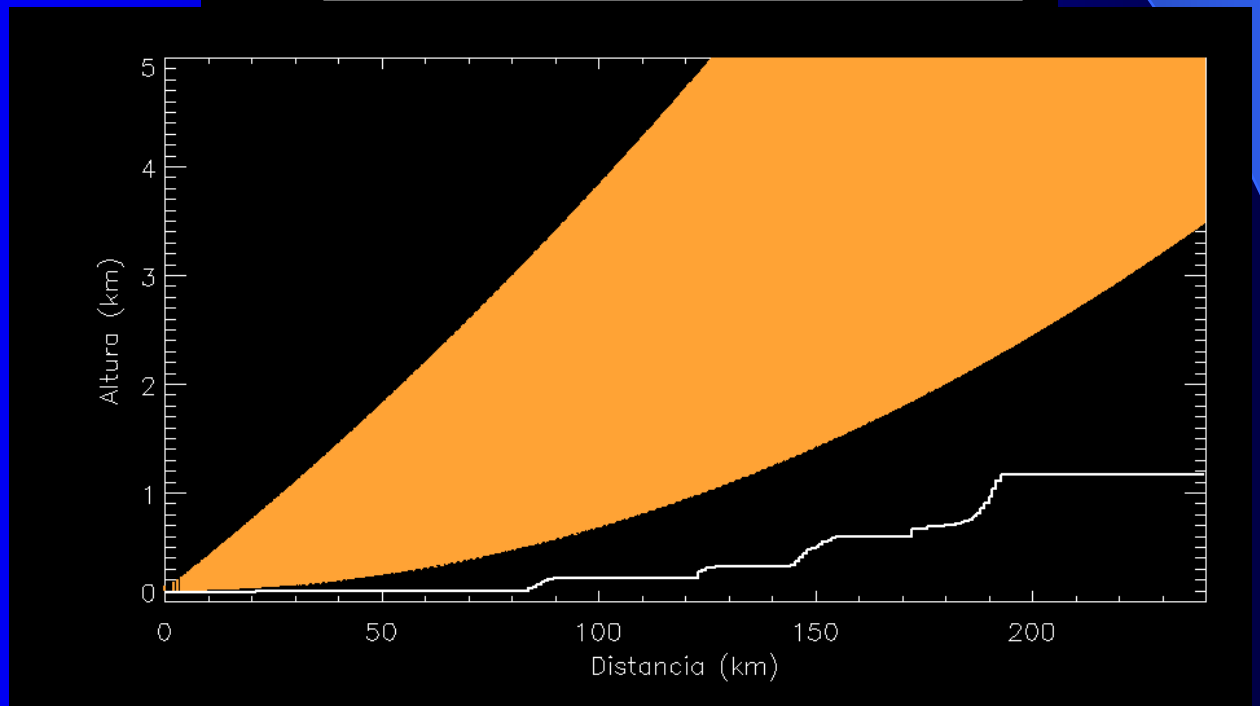
- Calcular os DEM em coordenadas polares de acordo com as estratégias do radar (bin)

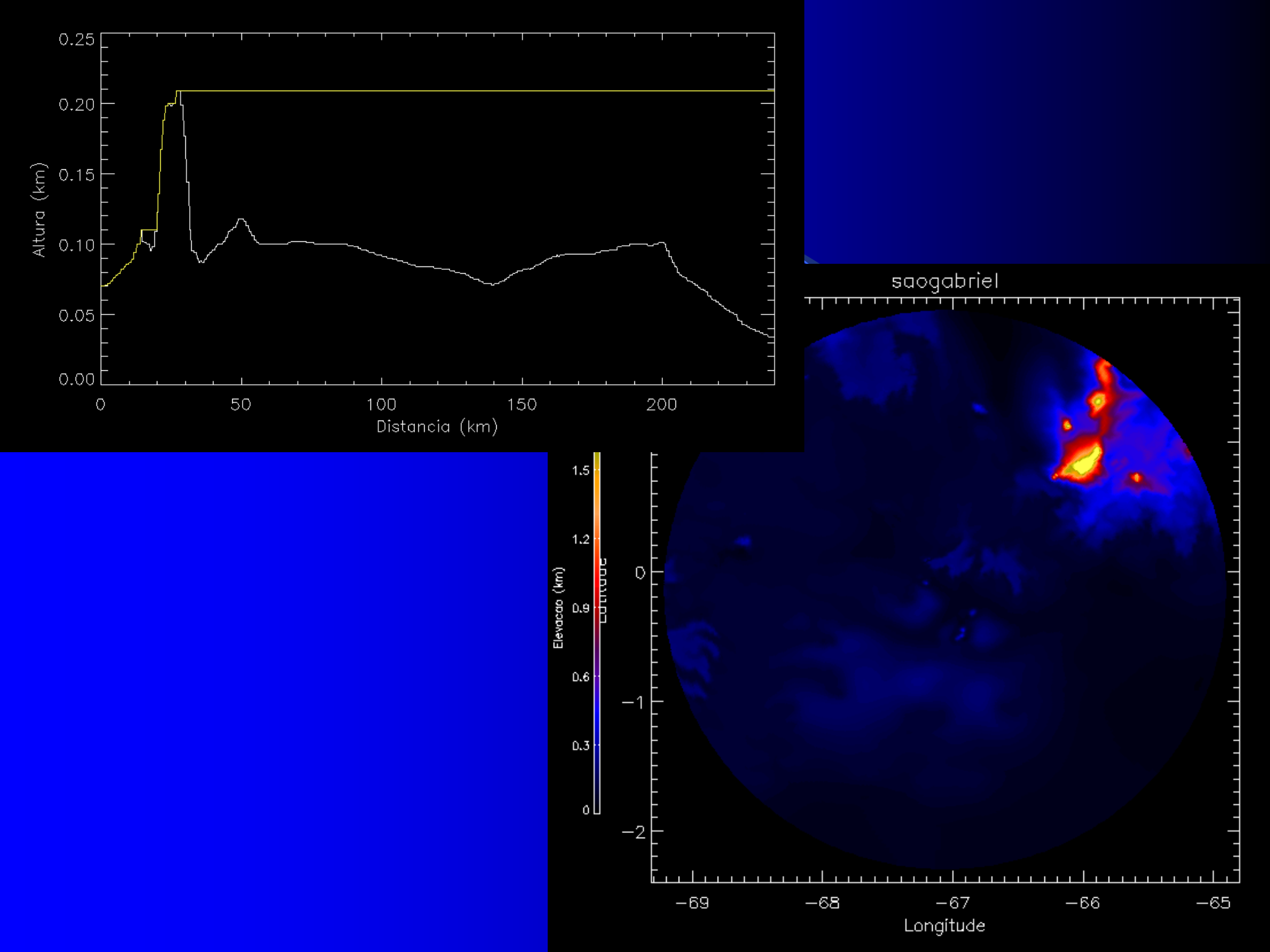
- http://eros.usgs.gov/#/Guides/dem

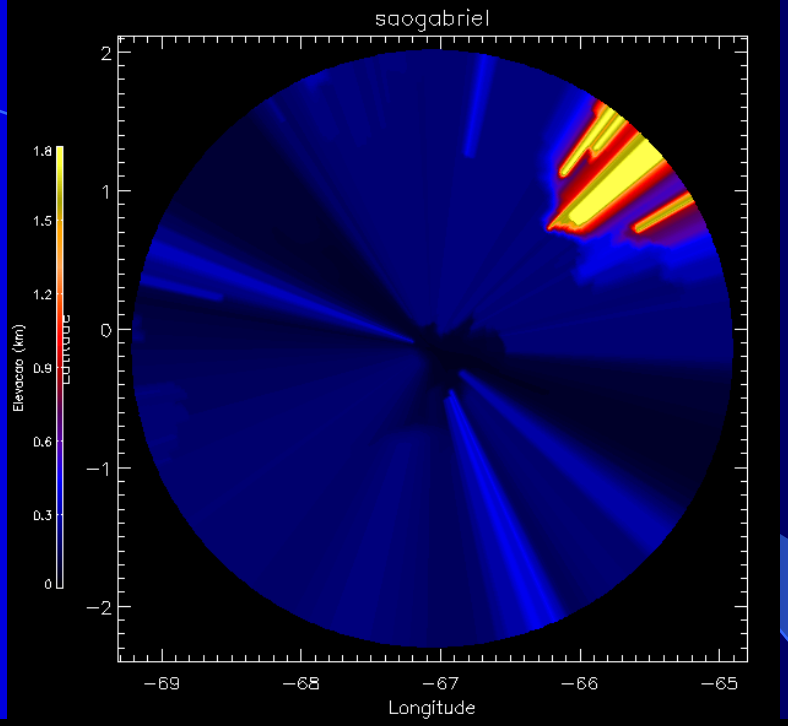


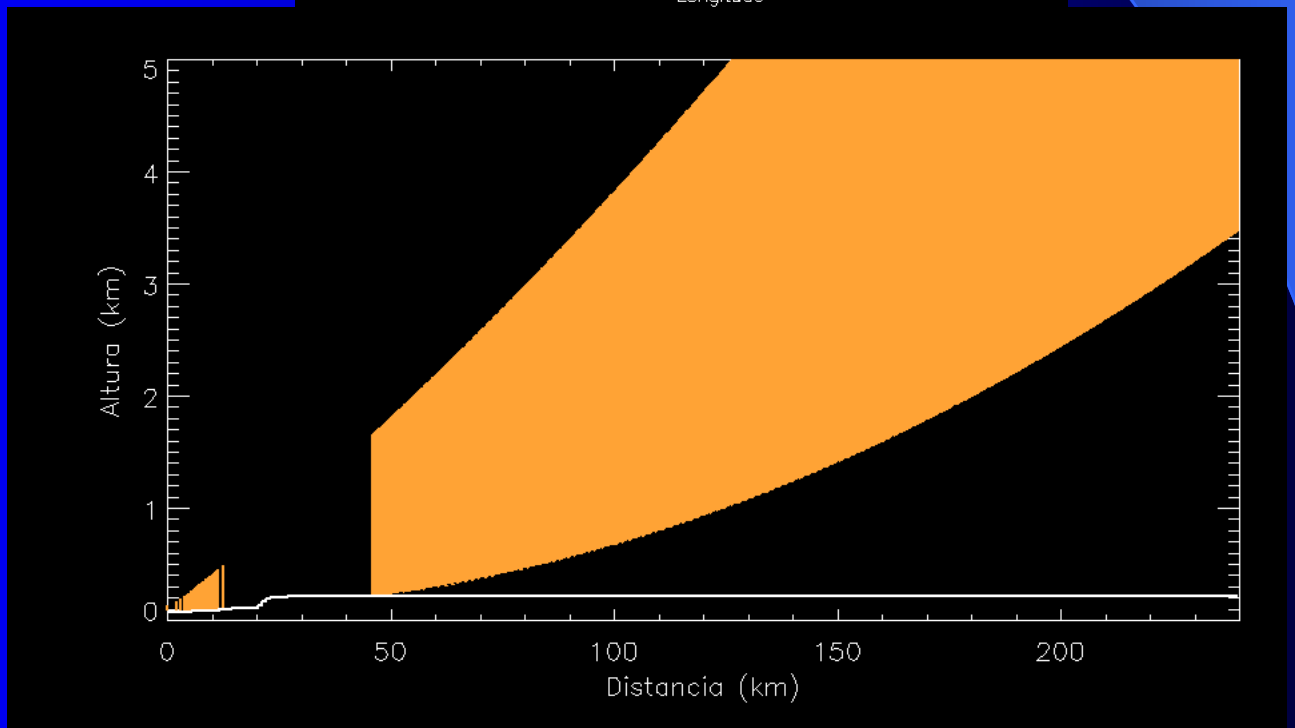



boavista
Elevacao (km)
1.8
1.5
1.2
0.9
0.6
0.3
0
Latitude
5
4
3
2
1


Altura (km)
5
4
3
2
1
0
0
50
100
150
200
Distancia (km)


0.25
0.20
0.15
0.10
0.05
0.00
Altura (km)
0
50
100
150
200
Distancia (km)
saogabriel
1.5
1.2
0.9
0.6
0.3
0
Elevacao (km)
0
−1
−2
−69
−68
−67
−66
−65
Longitude

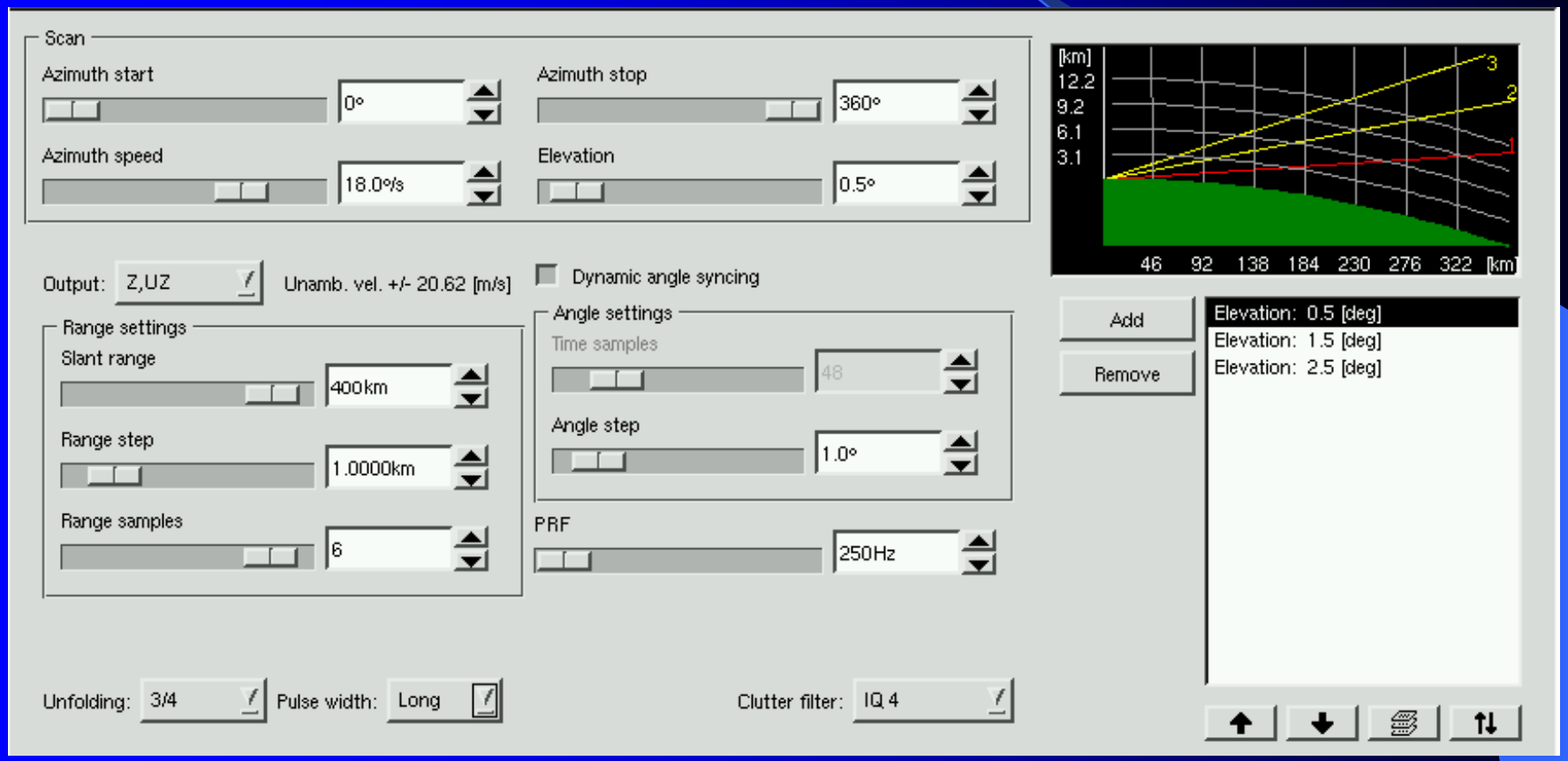

saogabriel
Elevacao (km)
1.8
1.5
1.2
0.9
0.6
0.3
0
2
1
0
−1
−2
−69
−68
−67
−66
−65
Longitude


Altura (km)
5
4
3
2
1
0
0
50
100
150
200
Distancia (km)

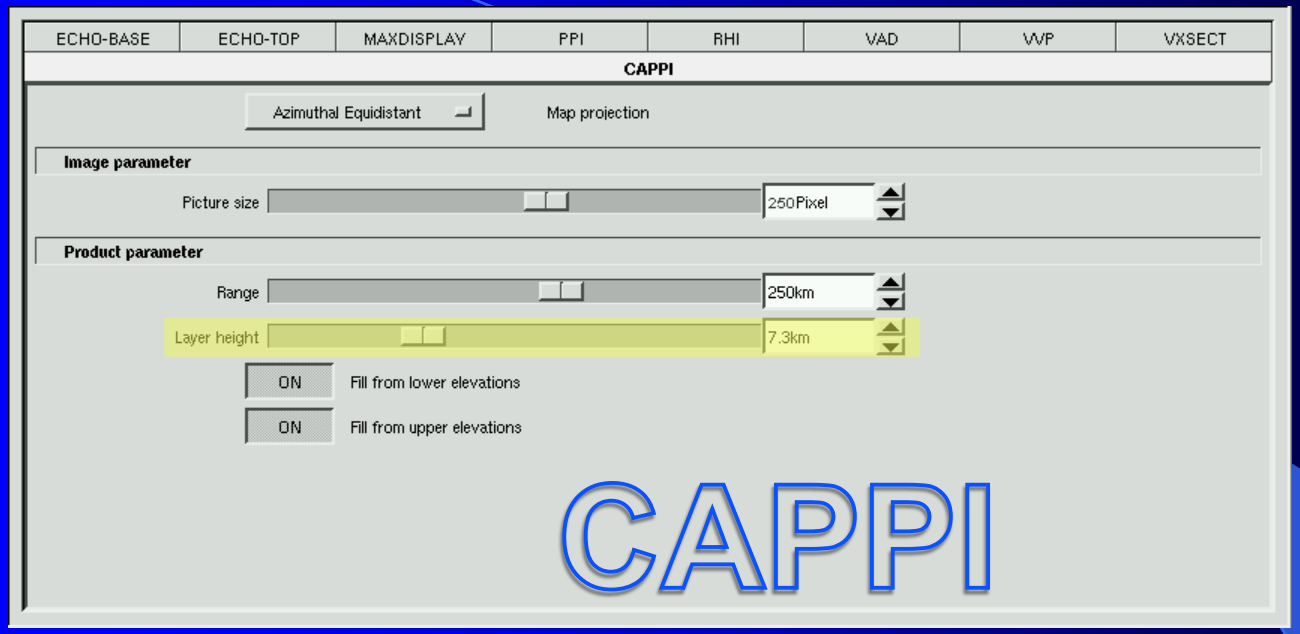
Interfaces gráficas para a definição das estratégias do radar

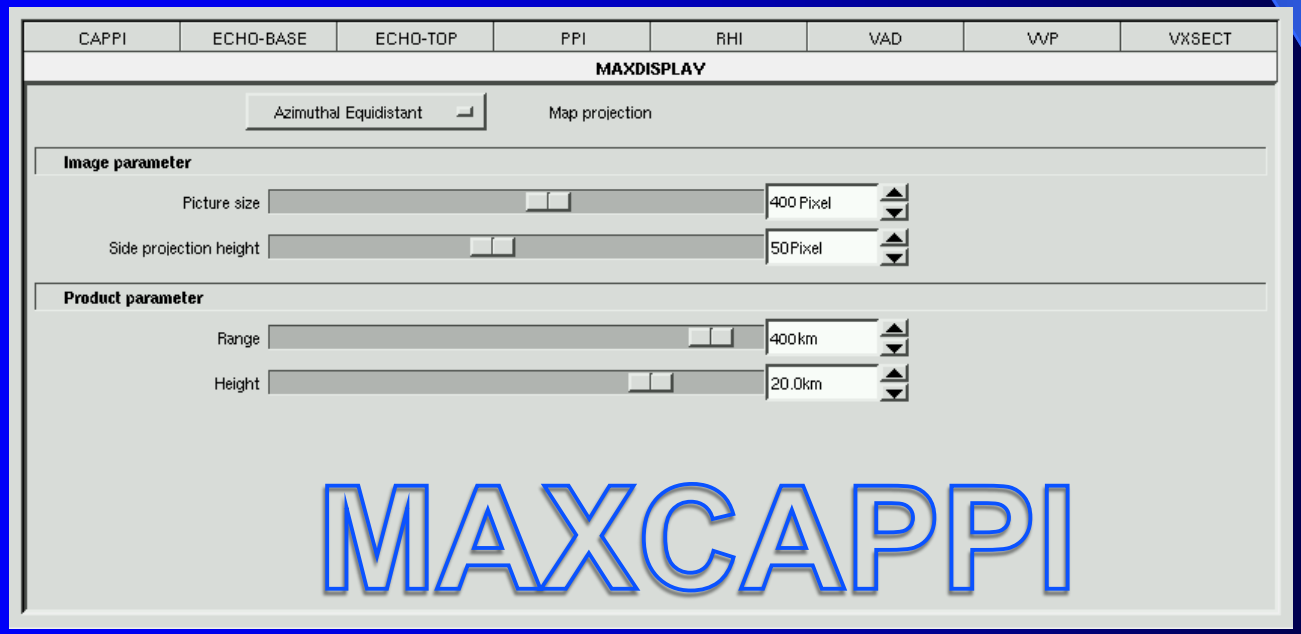
Radares do DECEA – Força Aérea – Software GAMIC

Janela interativa para a definição dos parâmetros de varredura

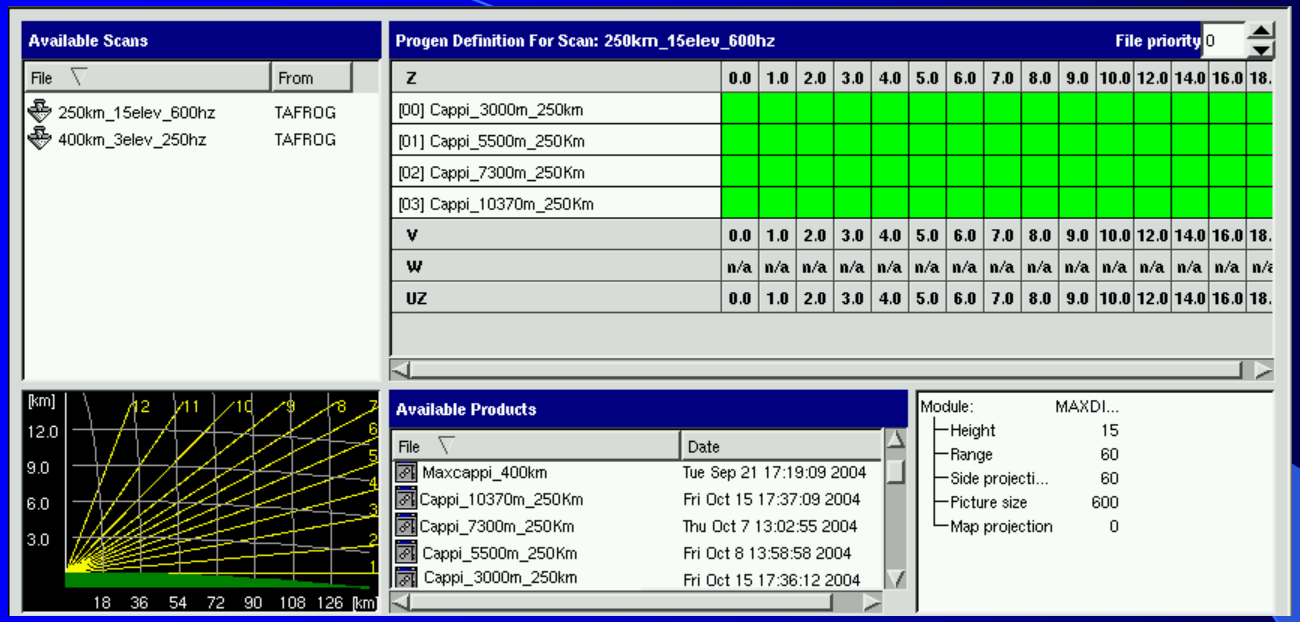


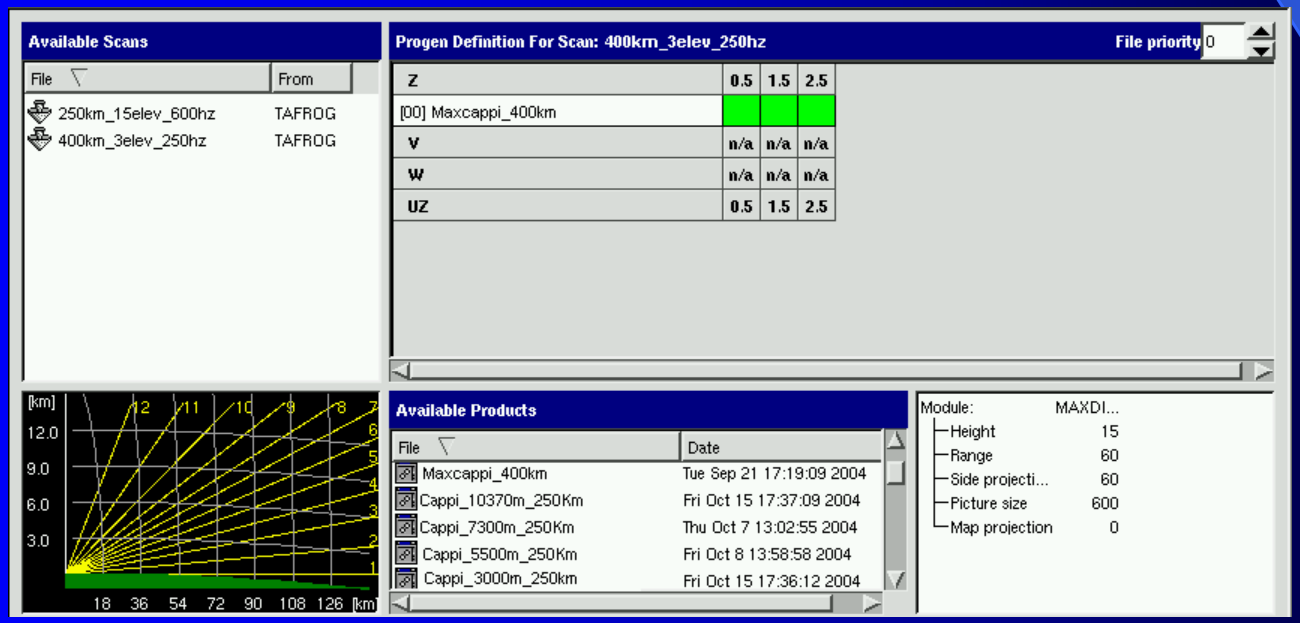
Definição do Produtos a serem calculados



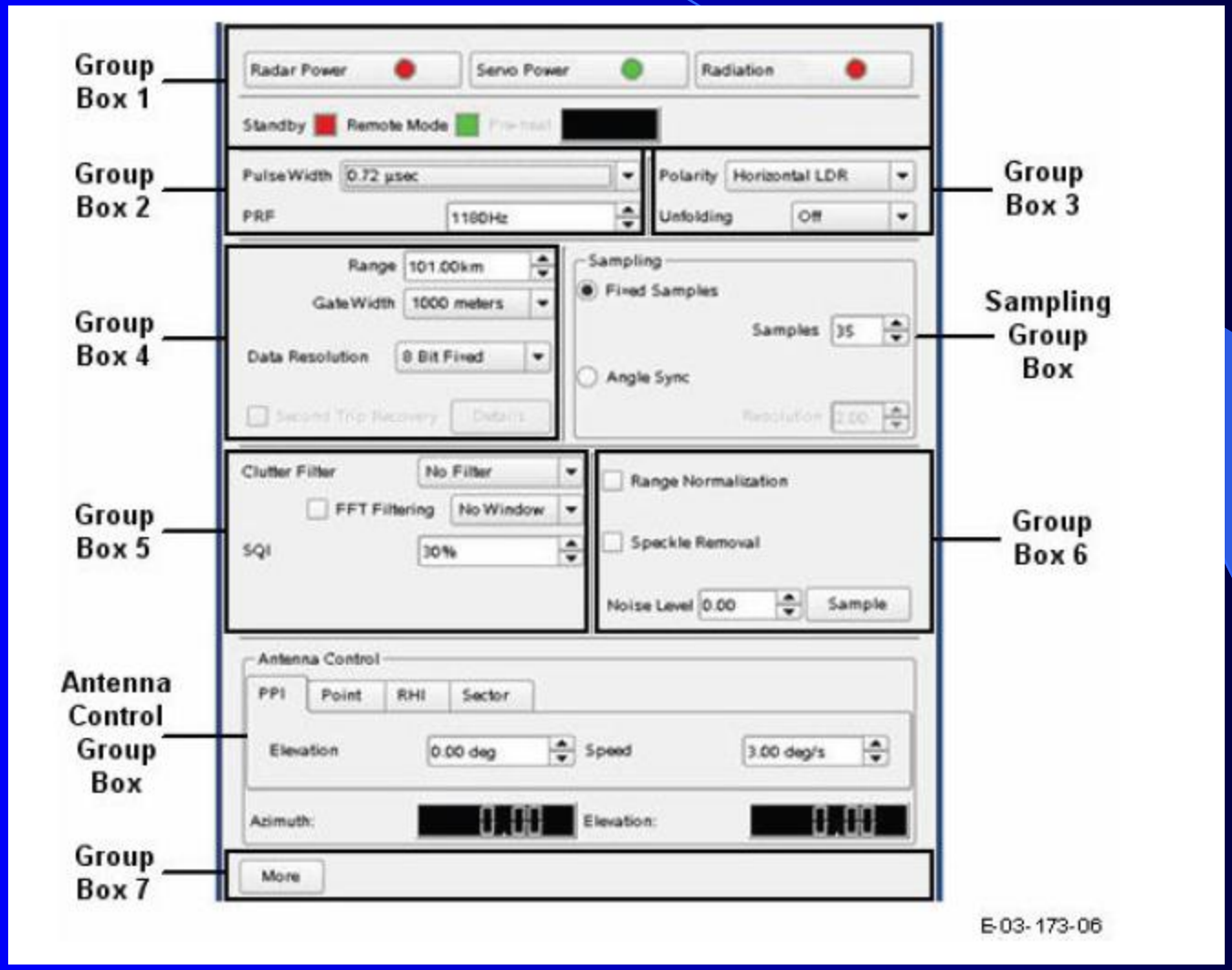


Definição da geração dos produtos





EEC – Edge Software



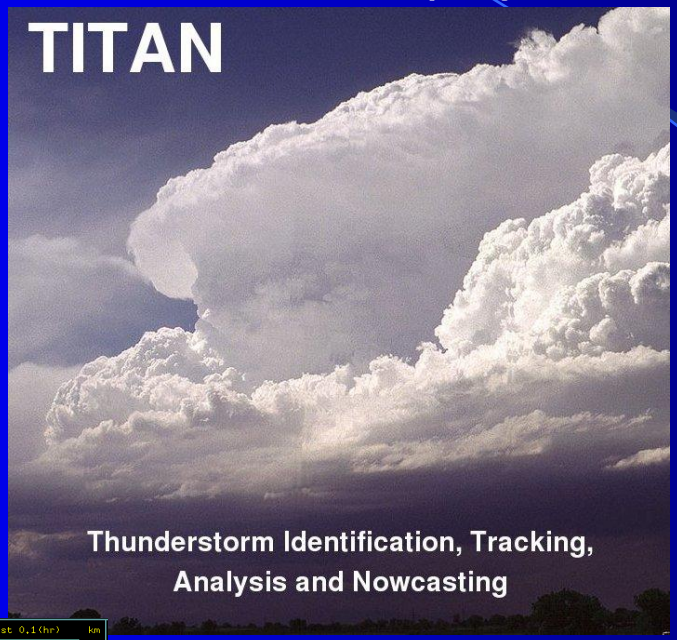
Pacotes para processamento e análise de dados de radar: Públicos

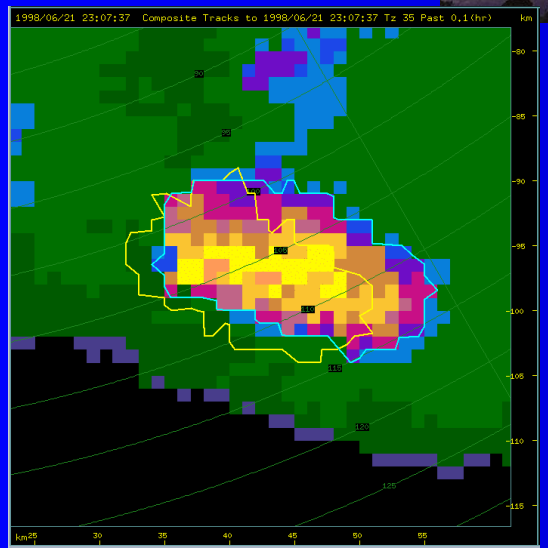
1) TRMM – Radar Subroutine Library – RSL
http://trmm-fc.gsfc.nasa.gov/trmm_gv/software/software.html
(c, fortran e IDL)

2) NCAR – Solo
http://www.eol.ucar.edu/rdp/solo/solo_home.html

Pacotes de Nowcasting

1) TITAN -> http://www.ral.ucar.edu/projects/titan/home/

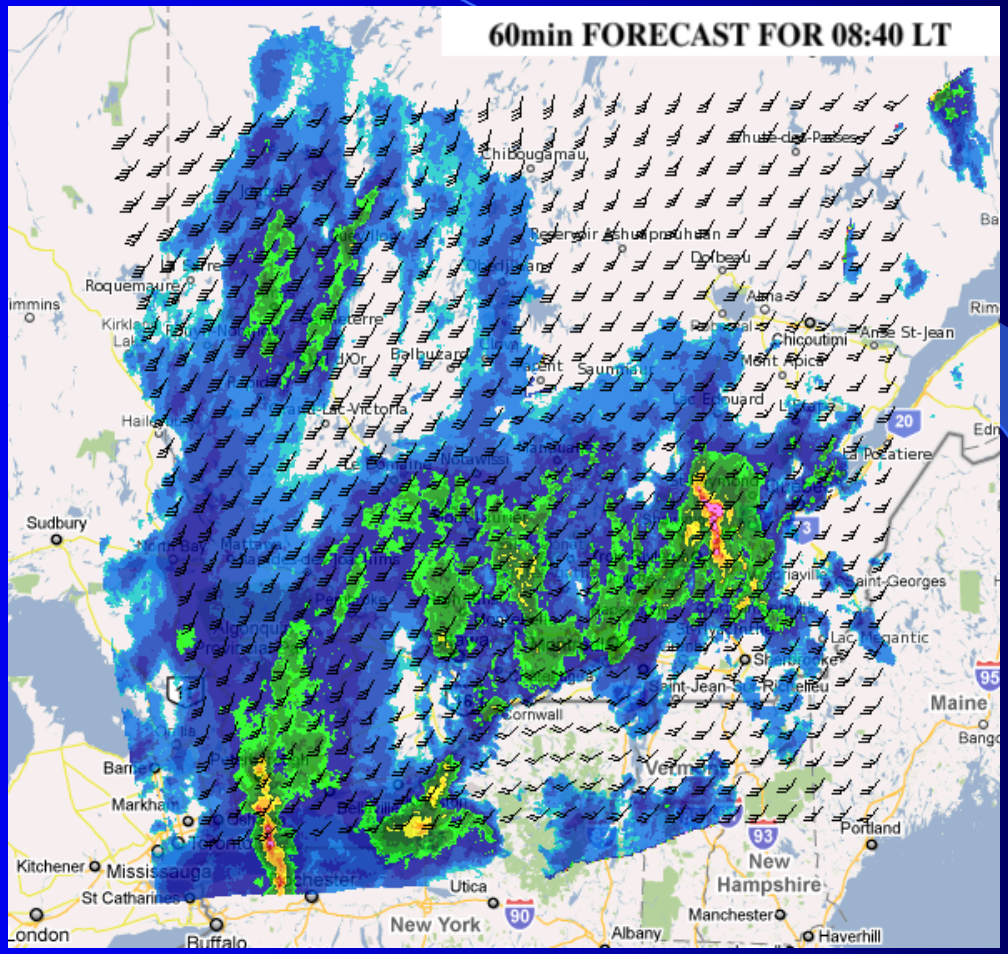


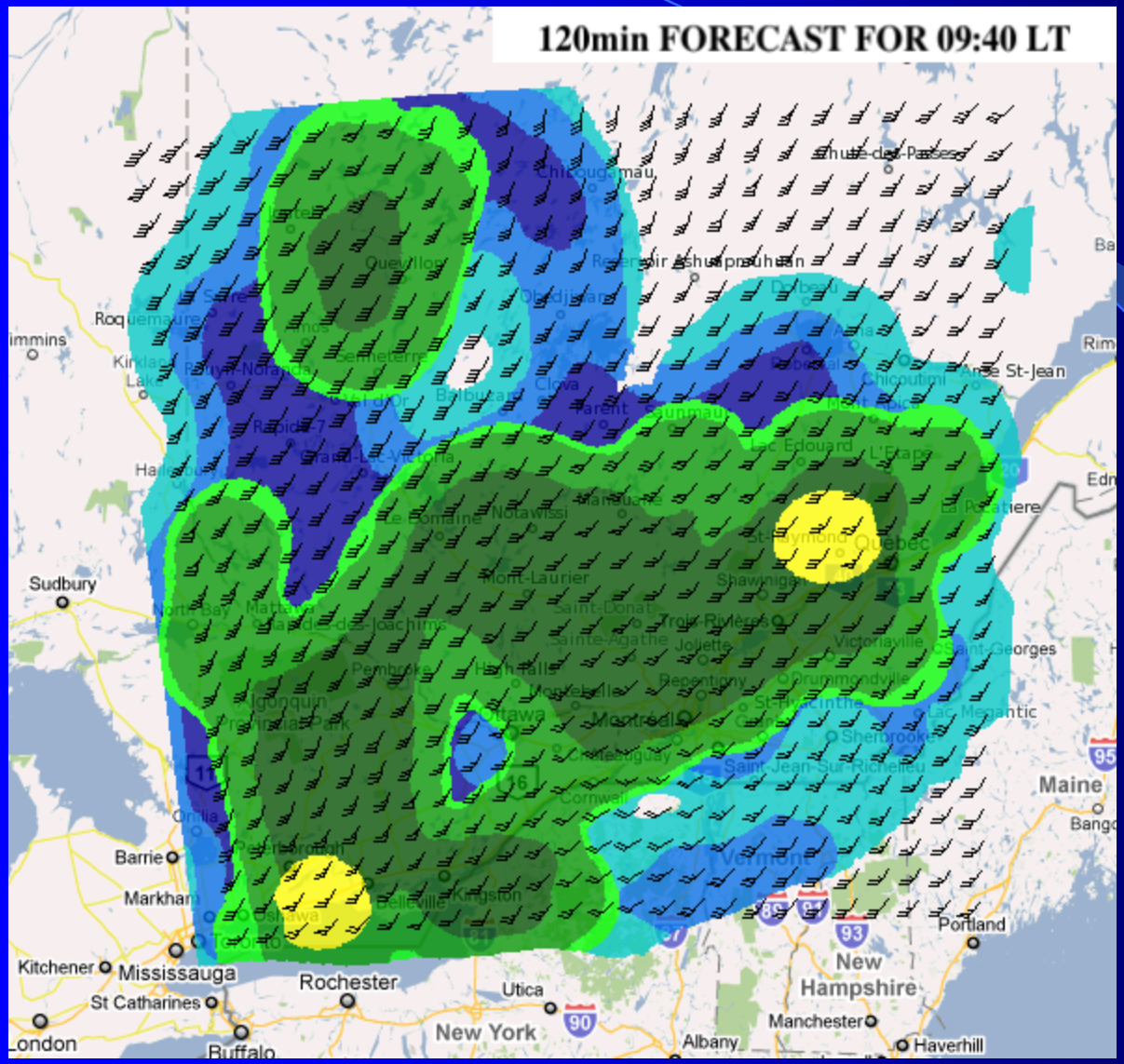
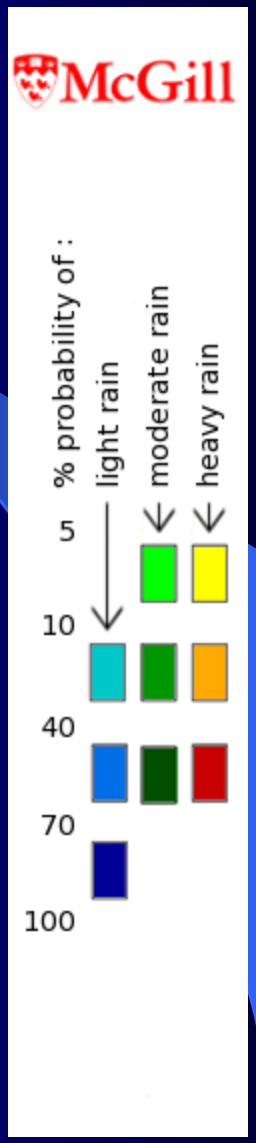


Dixon, M., and G. Wiener, 1993: TITAN: Thunderstorm identification, tracking, analysis and nowcasting - a radar-based methodology. *J. Atmos. Ocean. Tech.*, **10** (6), 785-797.

2 – MAPLE Nowcast

http://www.radar.mcgill.ca/imagery/nowcasting.html



Hee Choon Lee, Yong Hee Lee, Jong-Chul Ha, Dong-Eon Chang, Aldo Bellon, Isztar Zawadzki and Gyuwon Lee, McGill algorithm for precipitation nowcasting by lagrangian extrapolation (MAPLE) applied to the South Korean radar network. Part II: Real-time verification for the summer season. Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences, Volume 46, Number 3, 383-391, DOI: 10.1007/s13143-010-1009-9

P-MAPLE probabilistic nowcast