

Universidade de São Paulo

Escola Politécnica



Departamento de Engenharia de Transportes - PTR

Laboratório de Topografia e Geodésia - LTG

O Sistema Cartográfico Brasileiro

Edvaldo Simões da Fonseca Junior

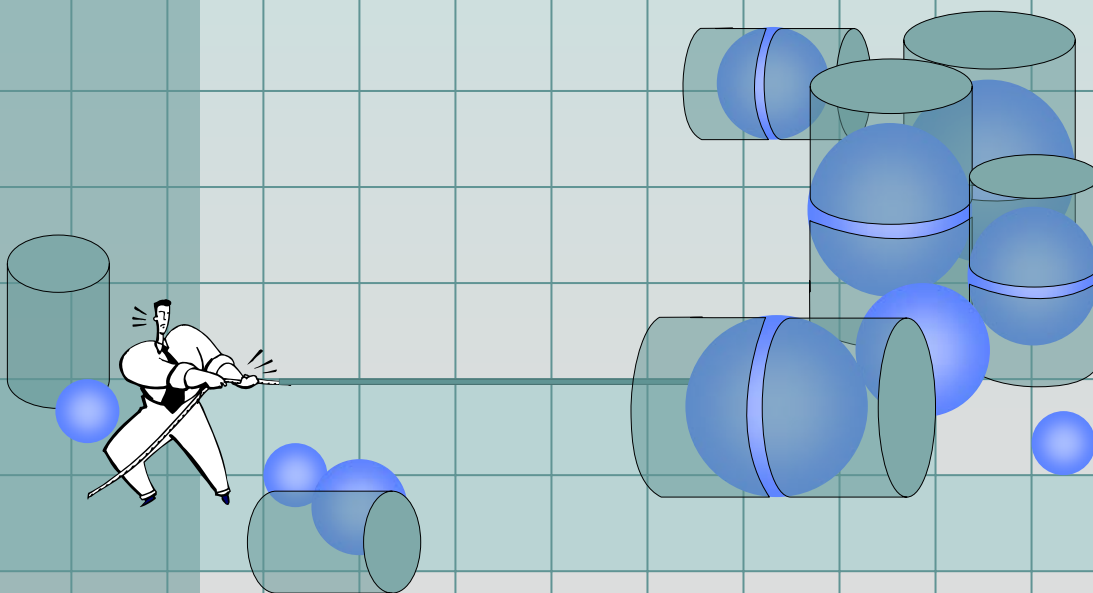
edvaldoj@usp.br

Projeção UTM: Breve Histórico

- ♦ Gerardus Mercator foi o primeiro a desenvolver e utilizar as projeções cilíndricas, e um dos pioneiros na confecção de Mapas de Navegação e Atlas.



Gerardus Mercator (1512 – 1594)



Projeção UTM: Breve Histórico

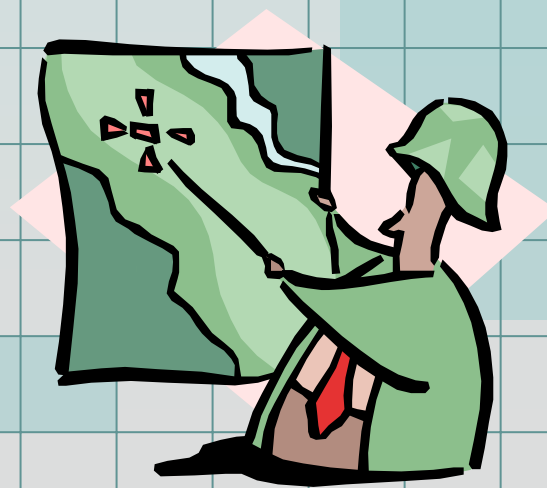
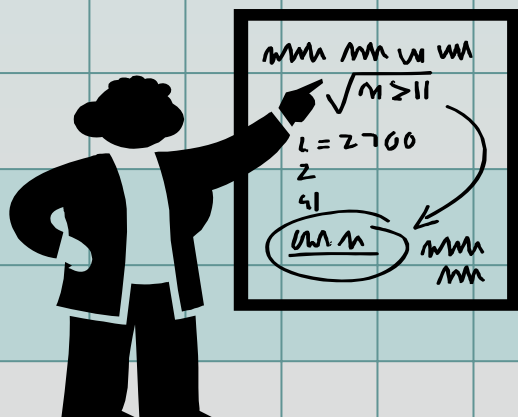
- J. H. Lambert, notável pelo desenvolvimento das projeções cônicas conformes, desenvolveu matematicamente o Sistema Universal Transverso de Mercator como se conhece atualmente.
- Este sistema foi utilizado sob a denominação de *Projeção de Gauss* desde 1866, quando foi feito o cálculo da triangulação de Hanover (Alemanha).



J. H. Lambert (1728-1777)

Projeção UTM: Breve Histórico

- ♦ Em 1912 surge o sistema Gauss-Kruger, em que os cálculos são logarítmicos e necessitam da obtenção de outros termos através de tabelas complexas.
- ♦
- ♦ Entre as duas grandes guerras mundiais diversos países da Europa e a ex-URSS adotaram essa projeção para a confecção de seus mapas militares.

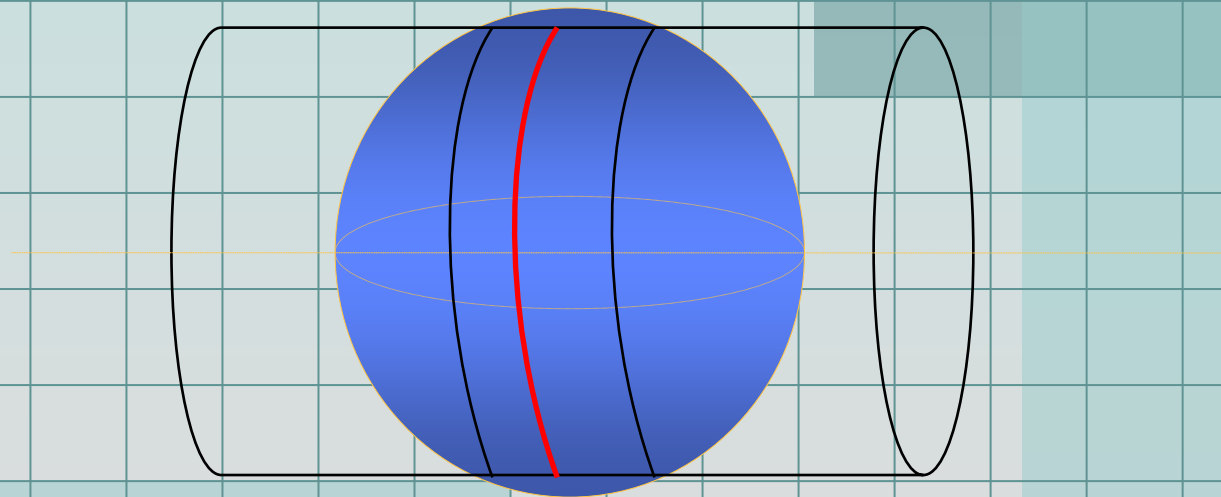


Projeção UTM: Breve Histórico

- ♦ O sistema em sua forma atual surgiu em 1947, em cartas militares do exército norte-americano.
- ♦ Em 1950, os EUA propuseram uma combinação para abranger a totalidade das longitudes, e o sistema, anteriormente chamado de Mercator-Gauss, recebeu a denominação atual: Sistema de Projeção Universal Transverso de Mercator (UTM).
- ♦ Passou a ser adotado no país para o mapeamento sistemático, a cargo do IBGE e da DSG, abrangendo as escalas entre 1/1.000.000 e 1/25.000.
- ♦ Por uma questão não muito clara, passou-se a mapear no Sistema UTM também em escalas maiores (1/1.000)

Características da Projeção UTM

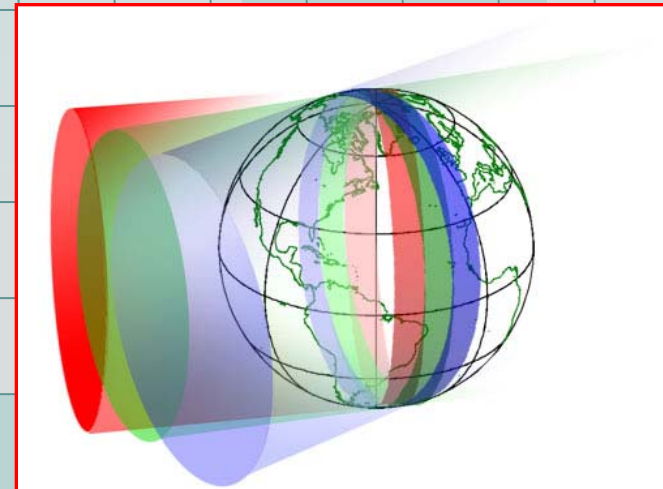
- ♦ Projeção cilíndrica secante, conforme (“conserva os ângulos”), de acordo com os princípios de Mercator-Gauss, com uma rotação de 90° do eixo do cilindro, de maneira a ficar contido no plano do equador.



- Adota-se um elipsóide de referência para representar a Terra.

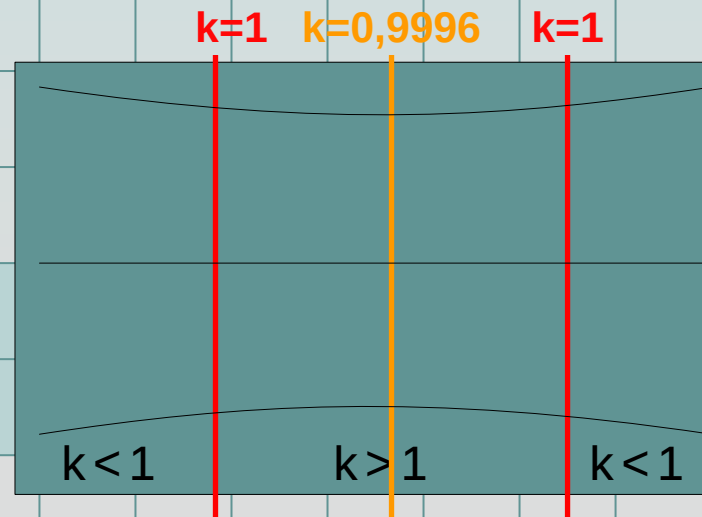
Características da Projeção UTM

- Amplitude do Fuso: 6° em longitude (60 fusos);
- Meridiano Central: a cada 6 graus partindo do anti-meridiano de Greenwich;
- Coeficiente de deformação de escala no meridiano central $\Rightarrow k_0 = 0,9996$;
- Origem das coordenadas plano-retangulares:
 - Na interseção do Plano do Equador com o Meridiano Central (MC) do fuso
 - $N = 0$ m para o Hemisfério Norte e,
 - $N = 10.000.000$ m para o Hemisfério Sul
 - $E = 500.000$ m



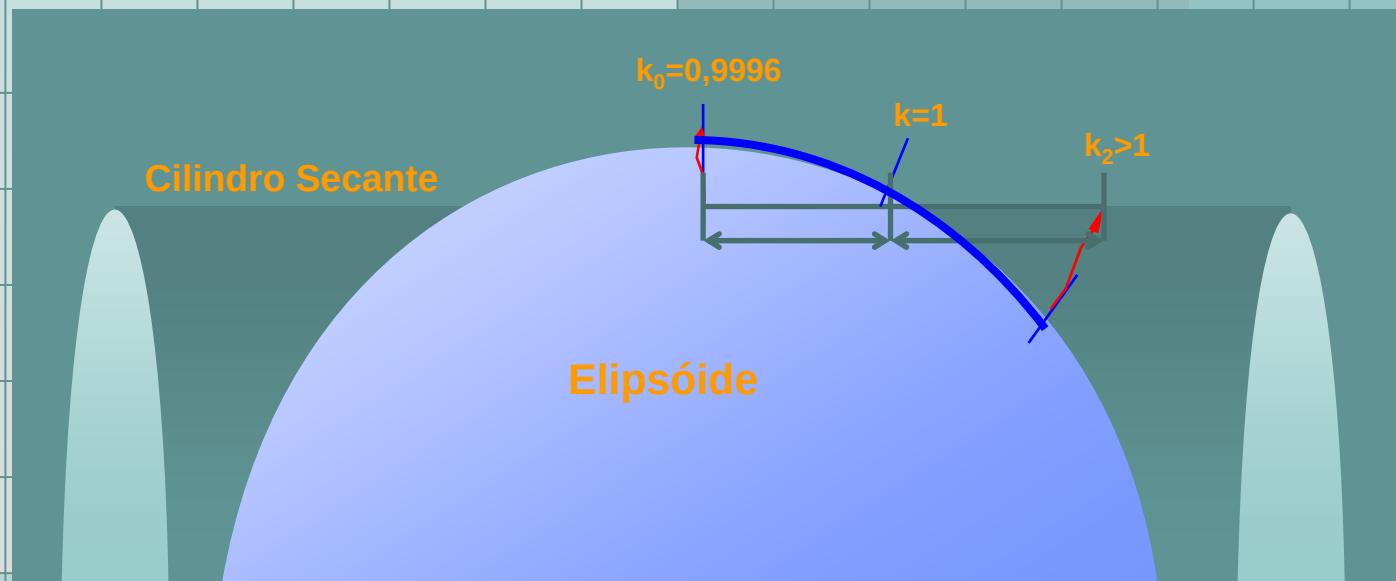
Características da Projeção UTM

- ♦ $k_0 = 1 - 1/2500 = 0,9996$ (Fator de Escala)
- ♦ Deformação nula ($k = 1$) nos meridianos de secância;
- ♦ Redução entre os meridianos de secância ($k < 1$);
- ♦ Ampliação no exterior dos meridianos de secância ($k > 1$).



Características da Projeção UTM

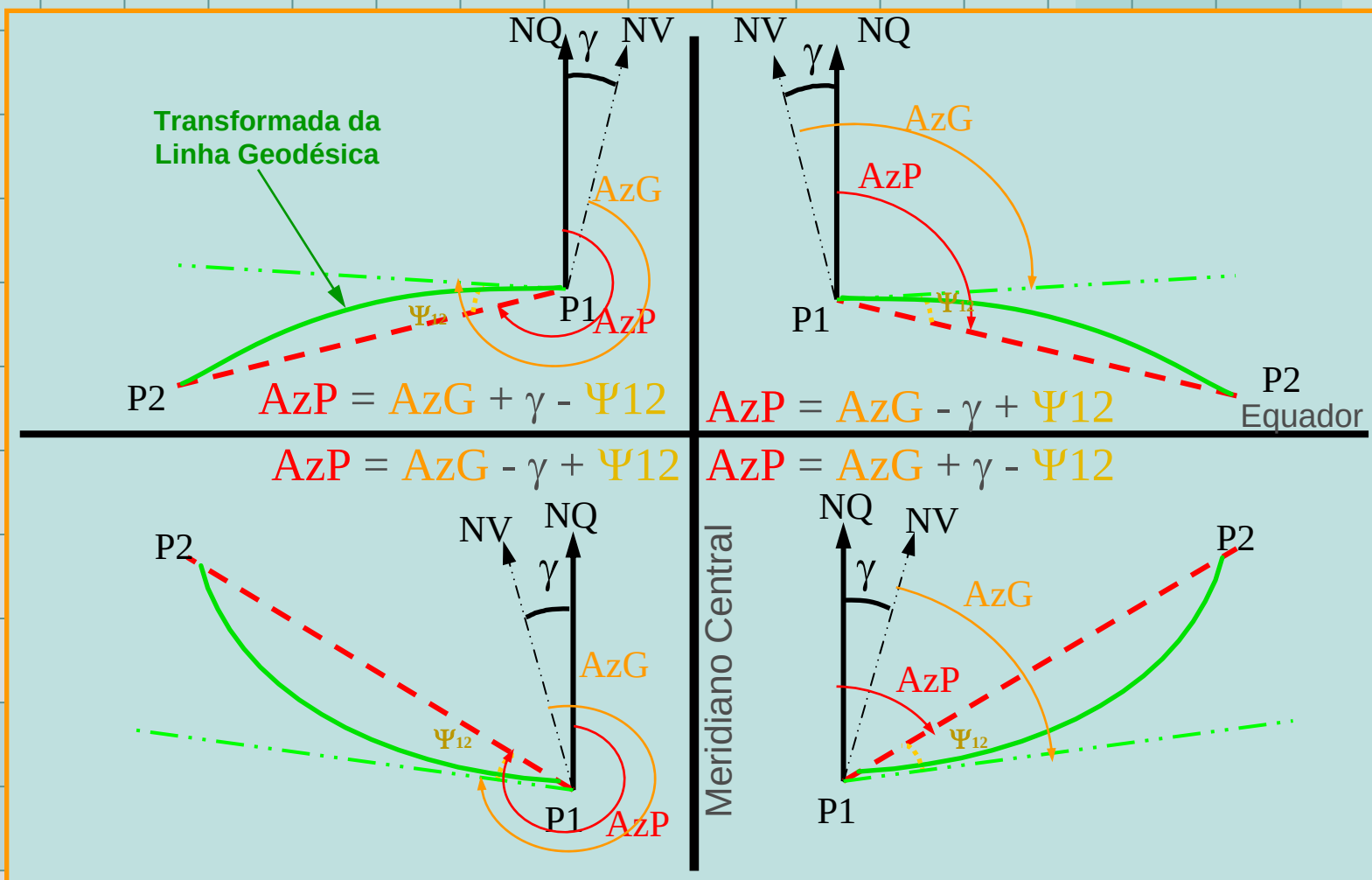
- ♦ Por que a projeção UTM é secante?



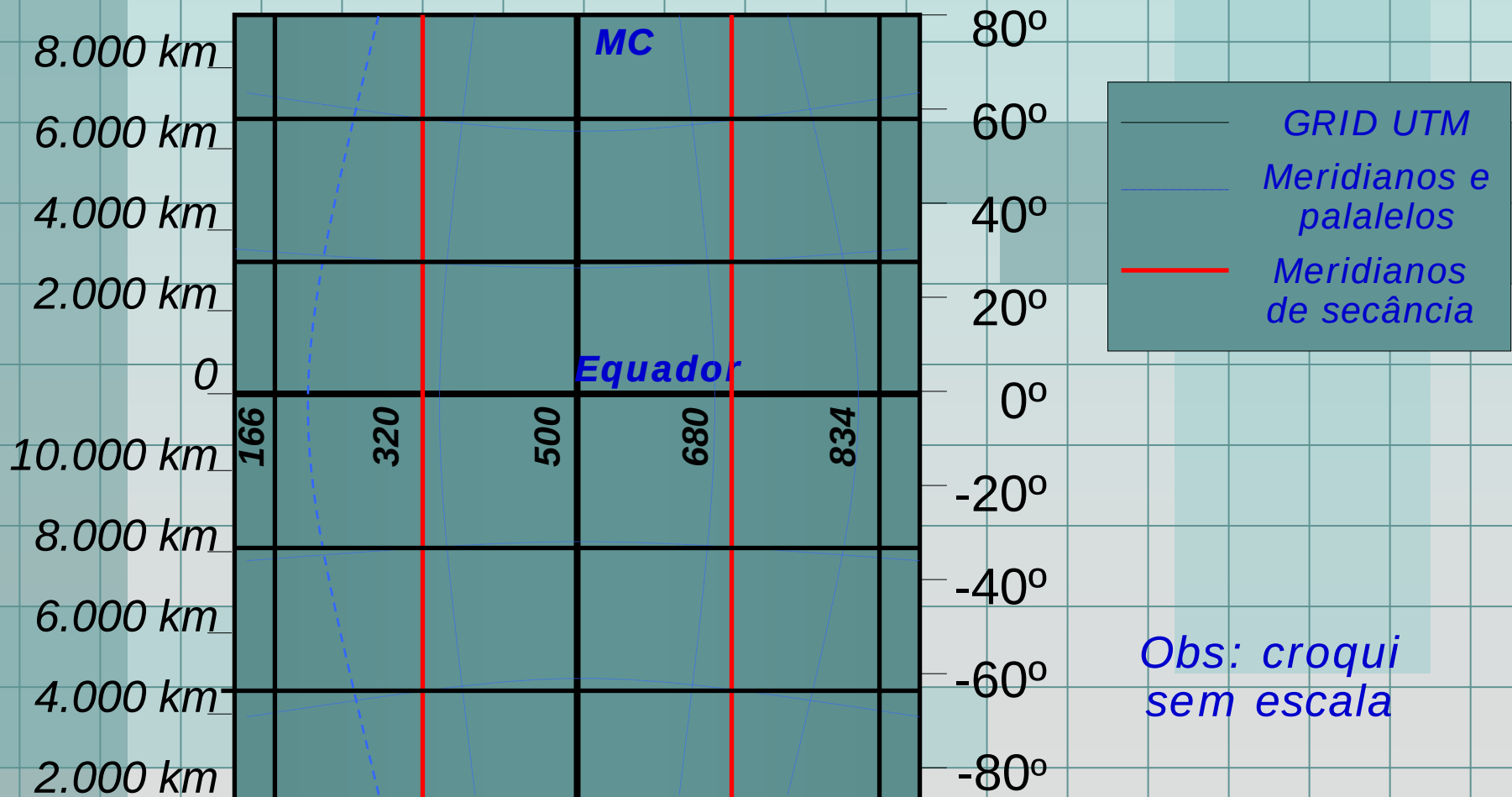
Para reduzir a deformação em escala (distâncias)

Características da Projeção UTM

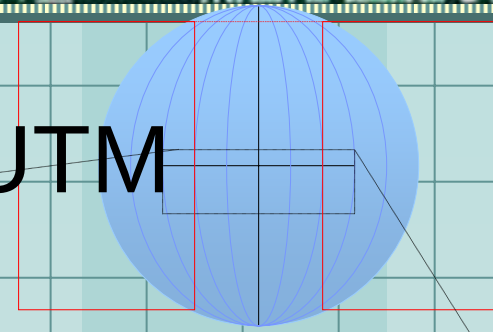
Deformação Angular



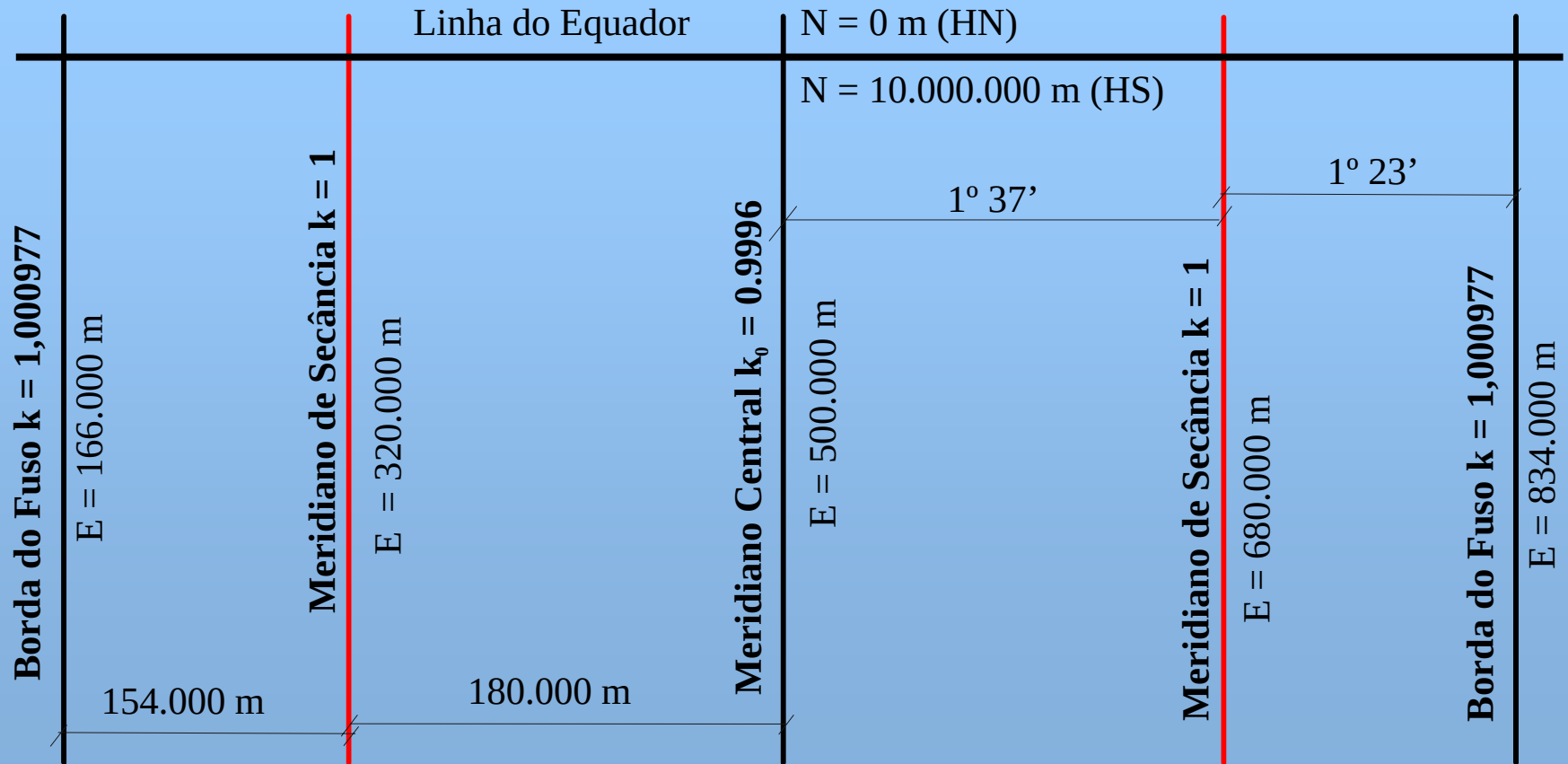
Características da Projeção UTM



Características da Projeção UTM



Fuso UTM com MC = -45°

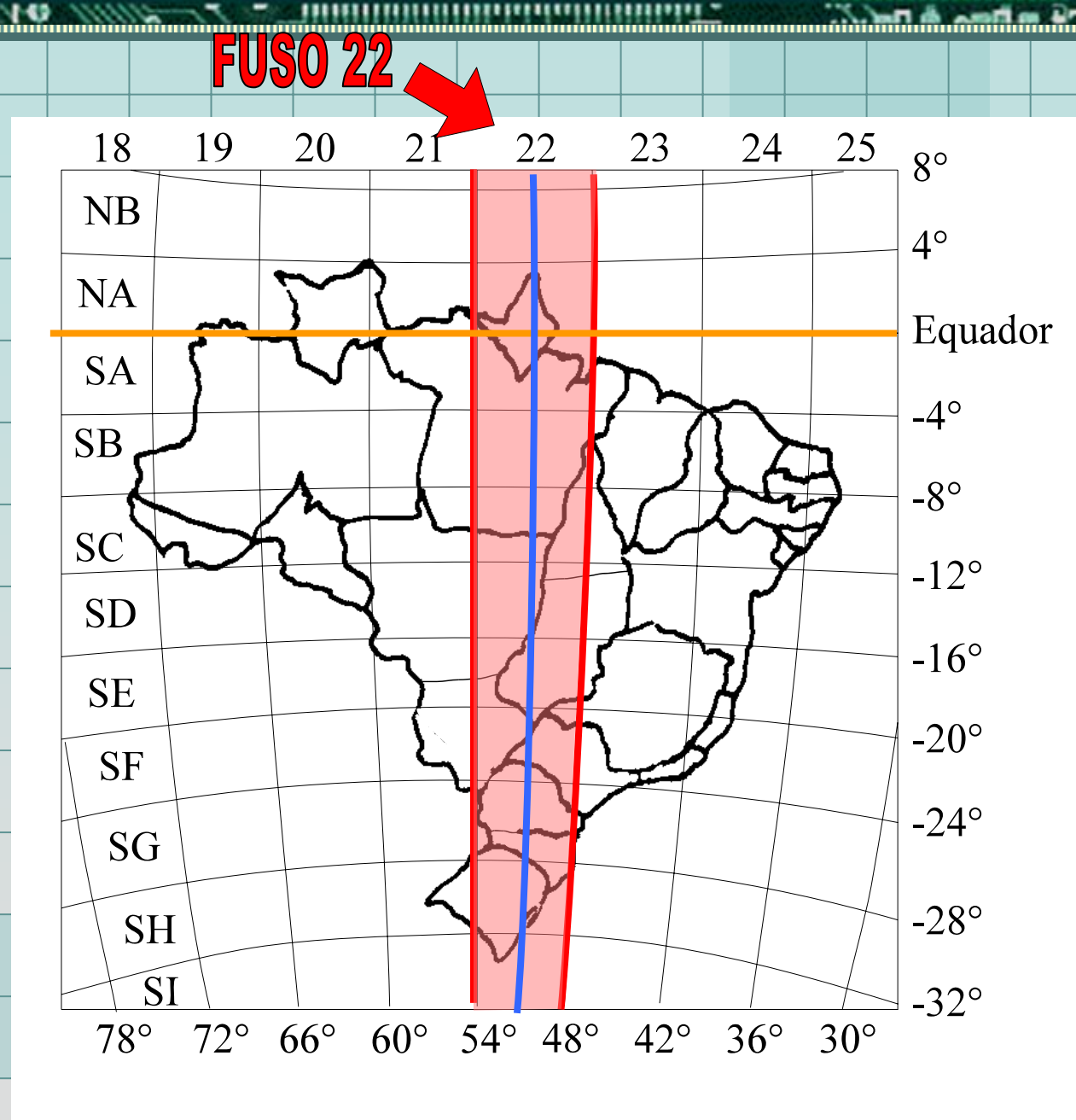


No Território continental brasileiro há 8 fusos do sistema de Projeção UTM

Exemplo:

Meridiano Central: -51°

Fuso 22



Superfícies a serem consideradas

Superfície Física

Materializada por levantamentos topográficos, aerofotogrametria e GPS

Geóide

Materializado por marégrafos e gravímetros

Plano UTM

Fuso UTM

Elipsóide

Definido matematicamente

Variações da UTM

RTM - Regional Transverso de Mercator

- Amplitude do Fuso: 2° em longitude (180 fusos)
- Meridiano Central: Nas longitudes de grau ímpar
- Coeficiente de deformação de escala no meridiano central
 $\Rightarrow k = 0,999995$
- Origem das coordenadas plano-retangulares:
 - Na interseção do Plano do Equador com o meridiano central (MC) do fuso
 - $N = 0$ m para o Hemisfério Norte e,
 - $N = 5.000.000$ m para o Hemisfério Sul
 - $E = 400.000$ m

Variações da UTM

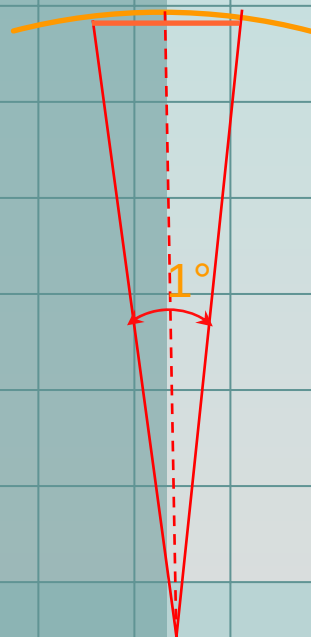
LTM - Local Transverso de Mercator

- Amplitude do Fuso: 1° em longitude (360 fusos)
- Meridiano Central: a cada $30'$
- Coeficiente de deformação de escala no meridiano central $\Rightarrow k = 0,999995$
- Origem das coordenadas plano-retangulares:
 - Na interseção do Plano do Equador com o meridiano central (MC) do fuso
 - $N = 0$ m para o Hemisfério Norte e,
 - $N = 5.000.000$ m para o Hemisfério Sul
 - $E = 200.000$ m

Comparação: LTM / UTM / RTM

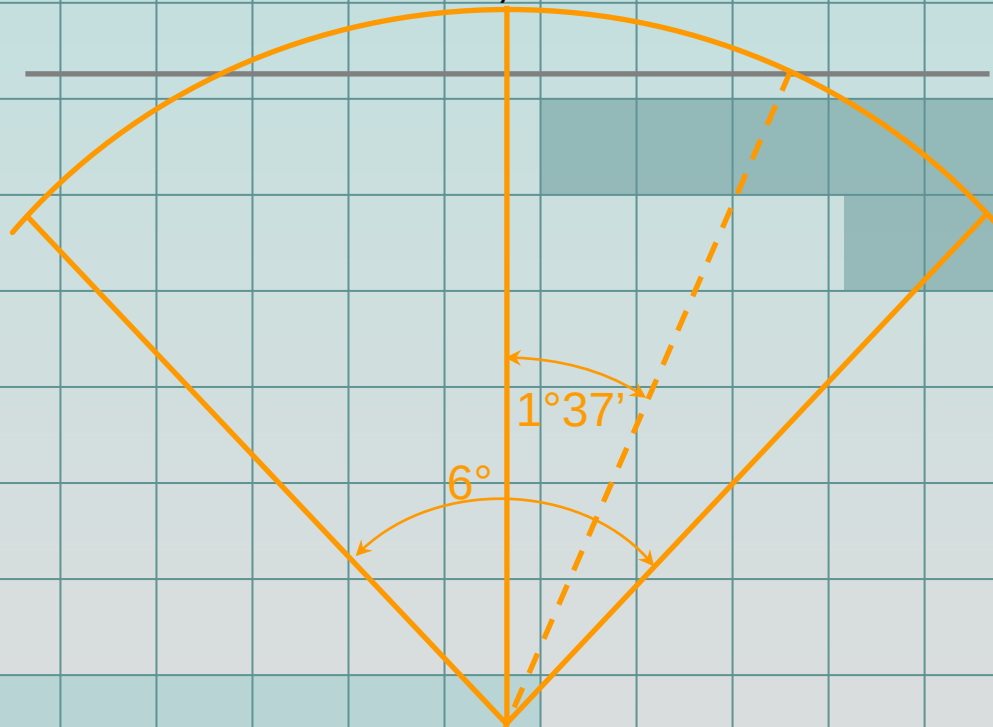
**Local
Transversa de
mercator**

$K_0=0,999995$



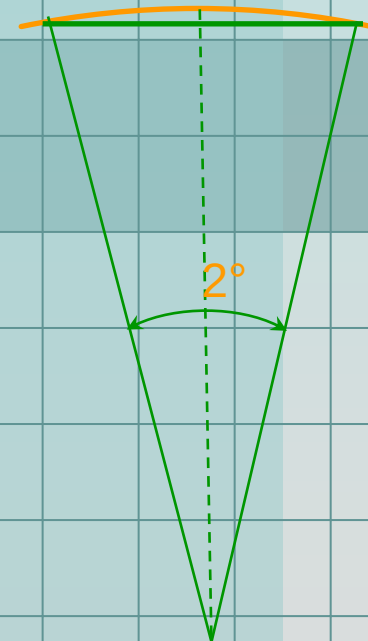
UTM

$K_0=0,9996$



**Regional
Transversa
de Mercator**

$K_0=0,999995$



Obs: dimensões exageradas

Características das TMs



TM	Arco de Fuso (1)	Origem	Falso Norte (2)	Falso Este	k_0 (3)	k máximo (4)
UTM	6°	MC e Equador	10.000 km	500 km	0,999 6	1,000 97
RTM	2°	MC e Equador	5.000 km	400 km	0,999 995	1,000 152
LTM	1°	MC e Equador	5.000 km	200 km	0,999 995	1,000 037

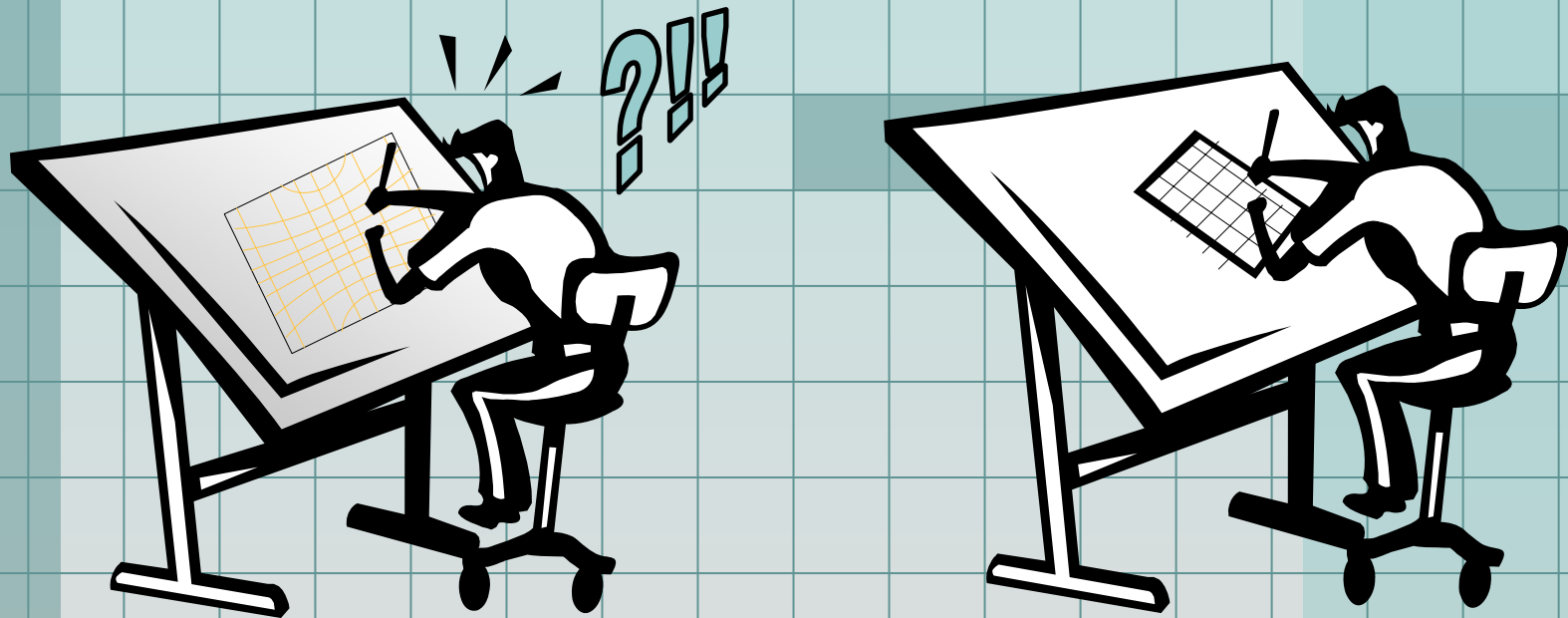
(1): borda do primeiro fuso no anti-meridiano de Greenwich;

(2): para o hemisfério Sul;

(3): no meridiano central

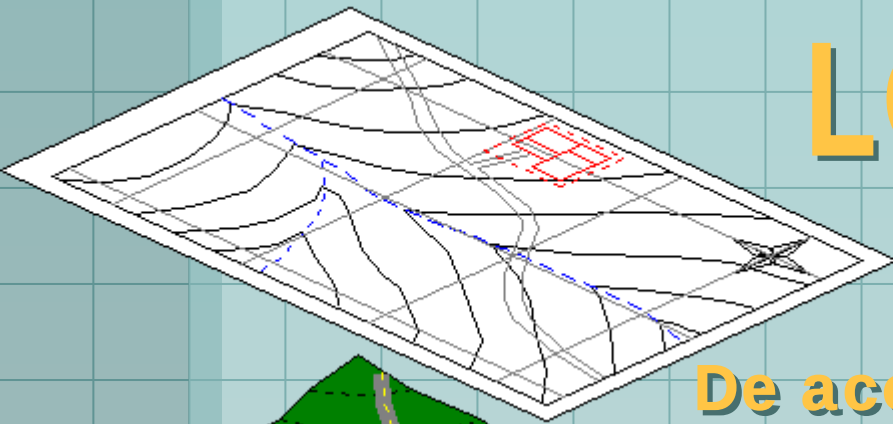
(4): borda do fuso

Qual a dificuldade de se adotar o Sistema TM (UTM, RTM ou LTM) em projetos de Engenharia?

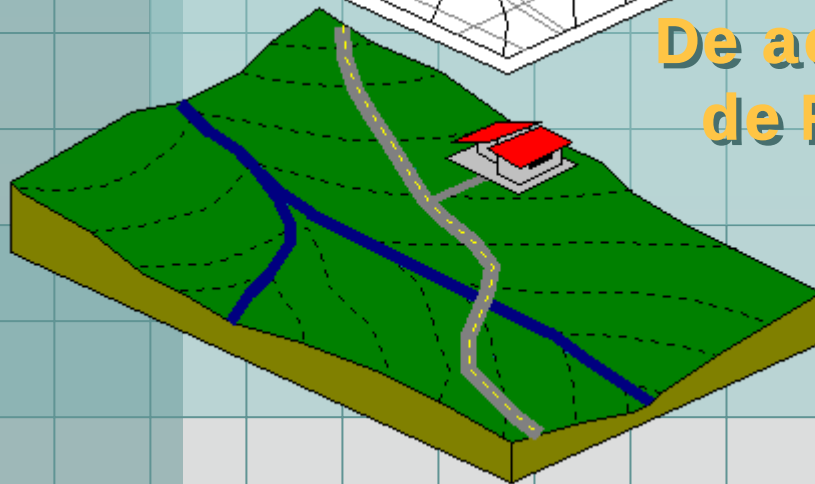


- ◆ Apesar de adotar um sistema cartesiano ortogonal, há deformações angulares e lineares que podem não ser aceitáveis, dependendo da dimensão do projeto e da escala de representação.

PLANO TOPOGRÁFICO LOCAL



De acordo com a NBR 14166/98 “Rede de Referência Cadastral Municipal”

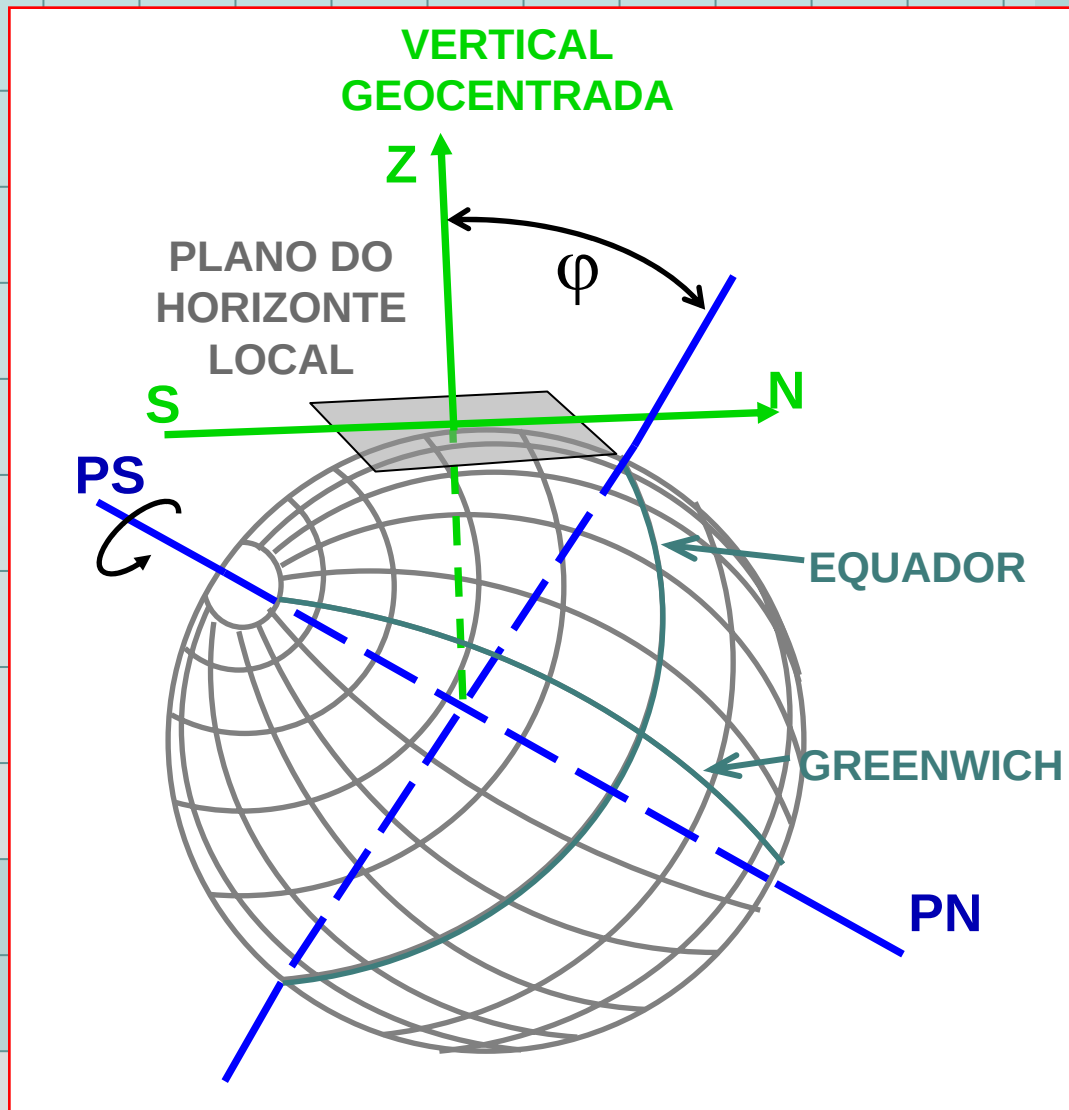


NBR- 14166: Rede de Referência Cadastral Municipal - (1999)

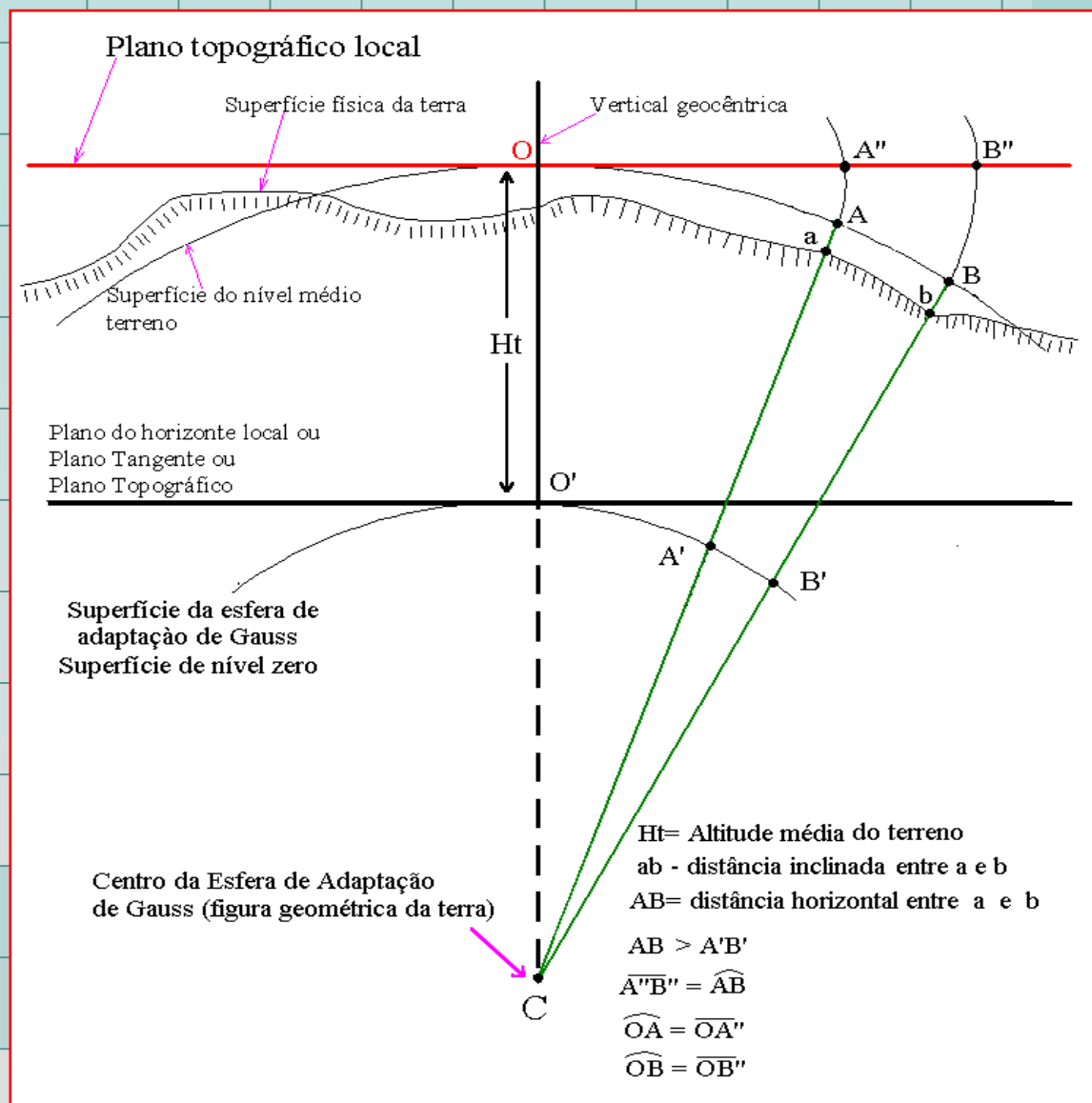
Objetivo

- ♦ Fixa as condições exigíveis para a implantação e manutenção da Rede de Referência Cadastral Municipal destinada à:
 - ♦ Apoiar a elaboração e a atualização de plantas cadastrais municipais e amarrar, de um modo geral, todos os serviços de topografia visando às incorporações às plantas cadastrais do município
 - ♦ Referenciar todos os serviços topográficos de demarcação, de anteprojetos, de projetos, de implantação e acompanhamento de obras de engenharia em geral, de urbanização, de levantamentos de obras conforme construídas (“as built”) e de cadastros imobiliários para registros públicos e multifinalitários.

Plano Topográfico Local (concepção)



Plano Topográfico Local (concepção)



Plano Topográfico Local (concepção)

◆ Coordenadas plano-retangulares:

(X,Y) - São as coordenadas cartesianas definidoras da localização planimétrica dos pontos medidos no terreno e representados, no plano topográfico do sistema topográfico local, cuja origem está no ponto de tangência deste plano com a superfície de referência adotada pelo Sistema Geodésico Brasileiro - S.G.B.

Nota:

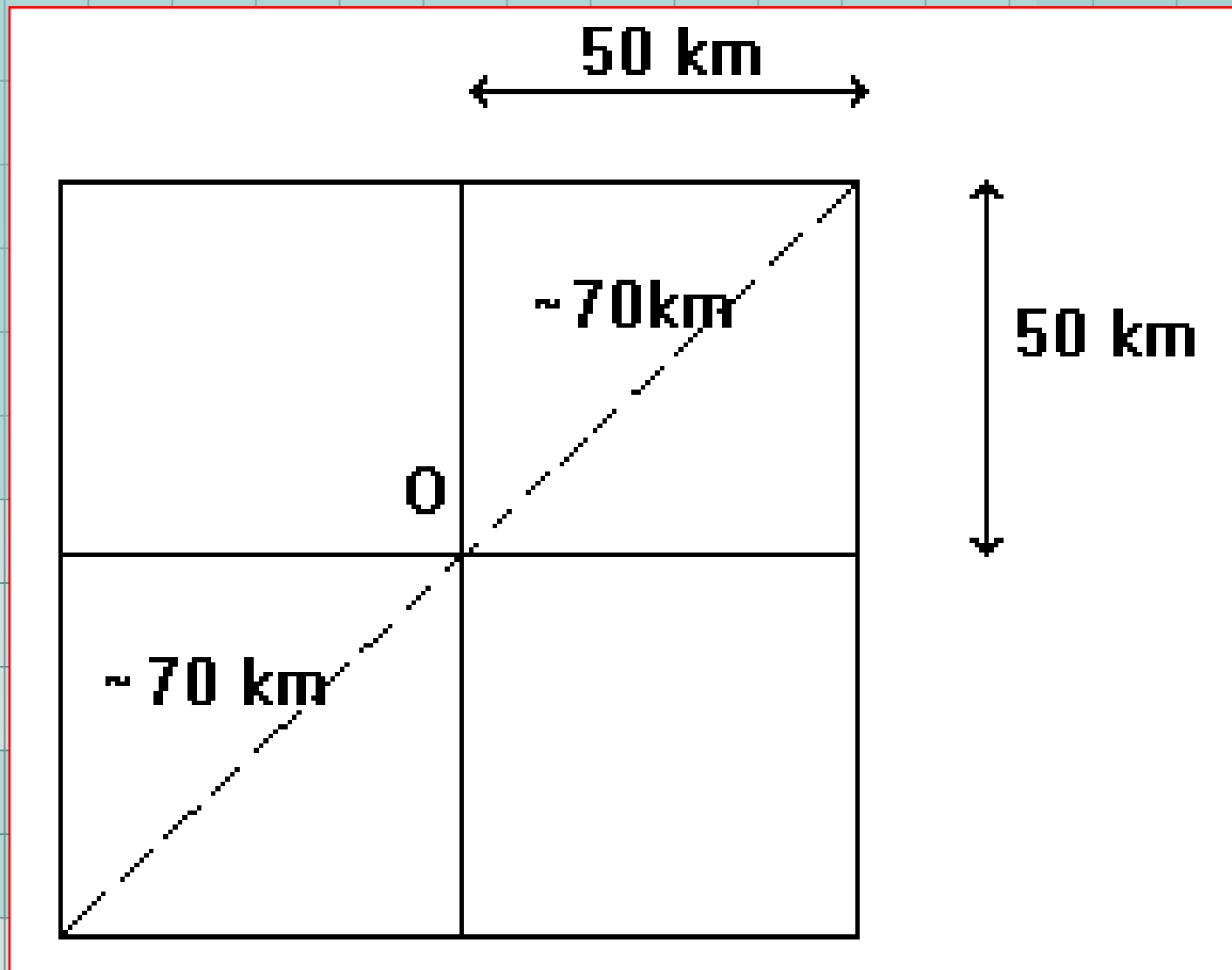
- a) O sistema de coordenadas plano-retangulares tem a mesma origem do sistema topográfico local.
- b) A orientação do sistema de coordenadas plano-retangulares é em relação ao eixo das ordenadas (Y).
- c) A fim de serem evitados valores negativos para as coordenadas plano-retangulares, a estas são adicionados termos constantes adequados a esta finalidade.

Plano Topográfico Local (concepção)

NOTA:

- a) O sistema de coordenadas plano-retangulares tem a mesma origem do sistema topográfico local.
- b) A orientação do sistema de coordenadas plano-retangulares é em relação ao eixo das ordenadas (Y).
- c) A fim de serem evitados valores negativos para as coordenadas plano-retangulares, a estas são adicionados termos constantes adequados à esta finalidade.
- d) A fim de elevar o plano topográfico de projeção ao nível médio da área objeto do sistema topográfico, as coordenadas plano-retangulares são afetadas por um fator de elevação, caracterizando o plano topográfico local.
- e) A origem do sistema topográfico local deve estar posicionada, geograficamente, de modo a que nenhuma coordenada plano-retangular, isenta do seu termo constante, tenha valor superior a 50 km.

Plano Topográfico Local (concepção)



Plano Topográfico:

- ♦ Esta superfície é definida pelas tangentes, no ponto origem do Sistema Topográfico, ao meridiano deste ponto e à geodésica normal a este meridiano.

♦ Nota:

- ♦ O plano topográfico é tangente ao elipsóide de referência no ponto de origem do sistema topográfico e tem a sua dimensão máxima limitada a ~ 70 km, a partir da origem do sistema topográfico local, de maneira que o erro relativo, decorrente da desconsideração da curvatura terrestre não ultrapasse 1:50.000 nesta dimensão e 1:20.000 nas imediações da extremidade desta dimensão.
- ♦ A dimensão máxima do plano topográfico é a metade da diagonal de um quadrado de 100 km de lado, correspondente à área máxima de abrangência do Sistema Topográfico Local.

- ♦ O plano topográfico deve ser elevado ao nível médio do terreno da área, objeto de levantamento topográfico, para a caracterização do **plano topográfico local** pela imposição de um fator de elevação aplicado às coordenadas plano retangulares de todos os pontos levantados geodésica e topograficamente nele representados.

Plano Topográfico Local:

- ♦ É o plano topográfico elevado ao nível médio do terreno da área de abrangência do Sistema Topográfico Local, segundo a normal à superfície de referência no ponto de origem do sistema (ponto de tangência do plano topográfico de projeção no elipsóide de referência).

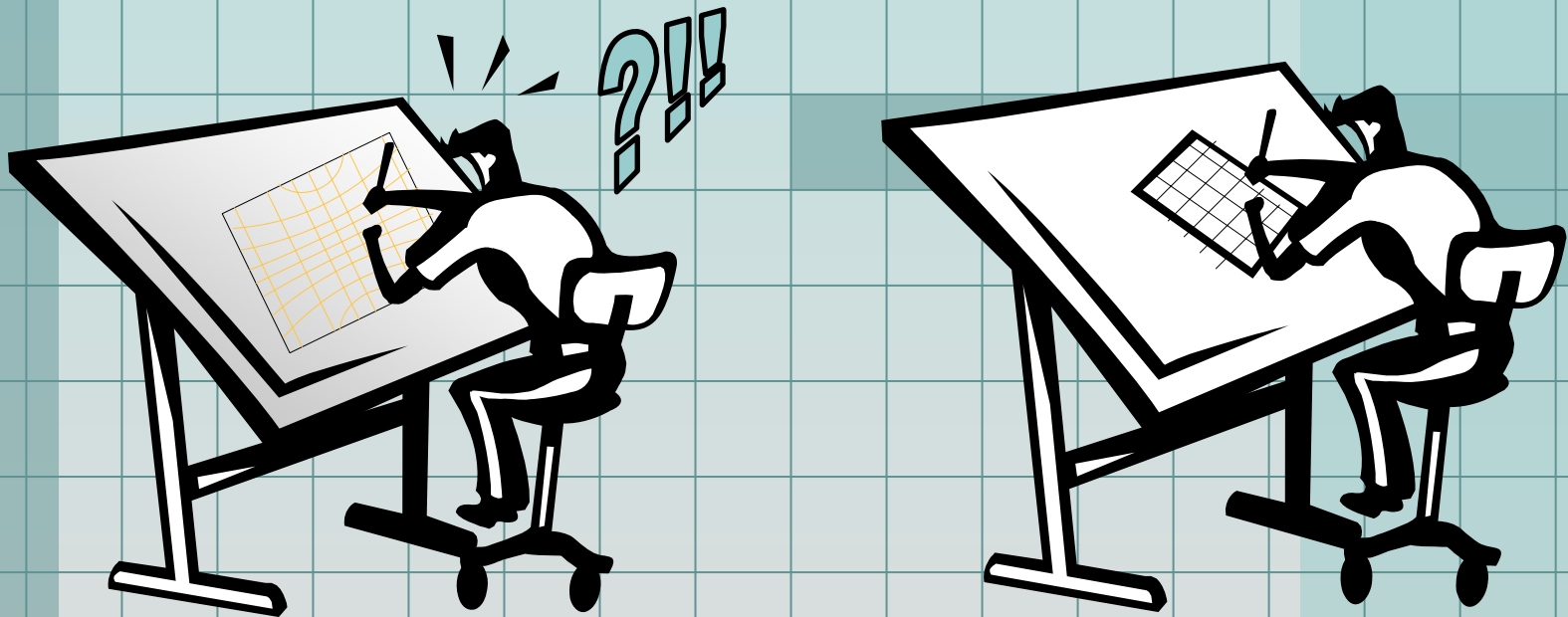
- ♦ Se a origem do sistema for O , de coordenadas geodésicas φ_o e λ_o e plano-retangulares $X = 150.000$ m e $Y = 250.000$ m e o ponto geodésico de apoio imediato for P , de coordenadas geodésicas φ_p e λ_p , as coordenadas plano-retangulares de P são dadas pelas expressões:

$$X_p = 150.000 + x_p$$

$$Y_p = 250.000 + y_p$$

- **OBS:** O eixo das ordenadas é o eixo Y e o das abscissas é o eixo X

Qual a dificuldade de se adotar o PTL – Plano Topográfico Local em projetos de Engenharia?



- ◆ Dependendo da dimensão do projeto, haverá deformações angulares e lineares que podem não ser aceitáveis mesmo.

Em resumo:

Ao se adotar qualquer sistema de projeção, haverá sempre deformações que devem ser conhecidas dos usuários para que as mesmas não afetem a execução do projeto.

