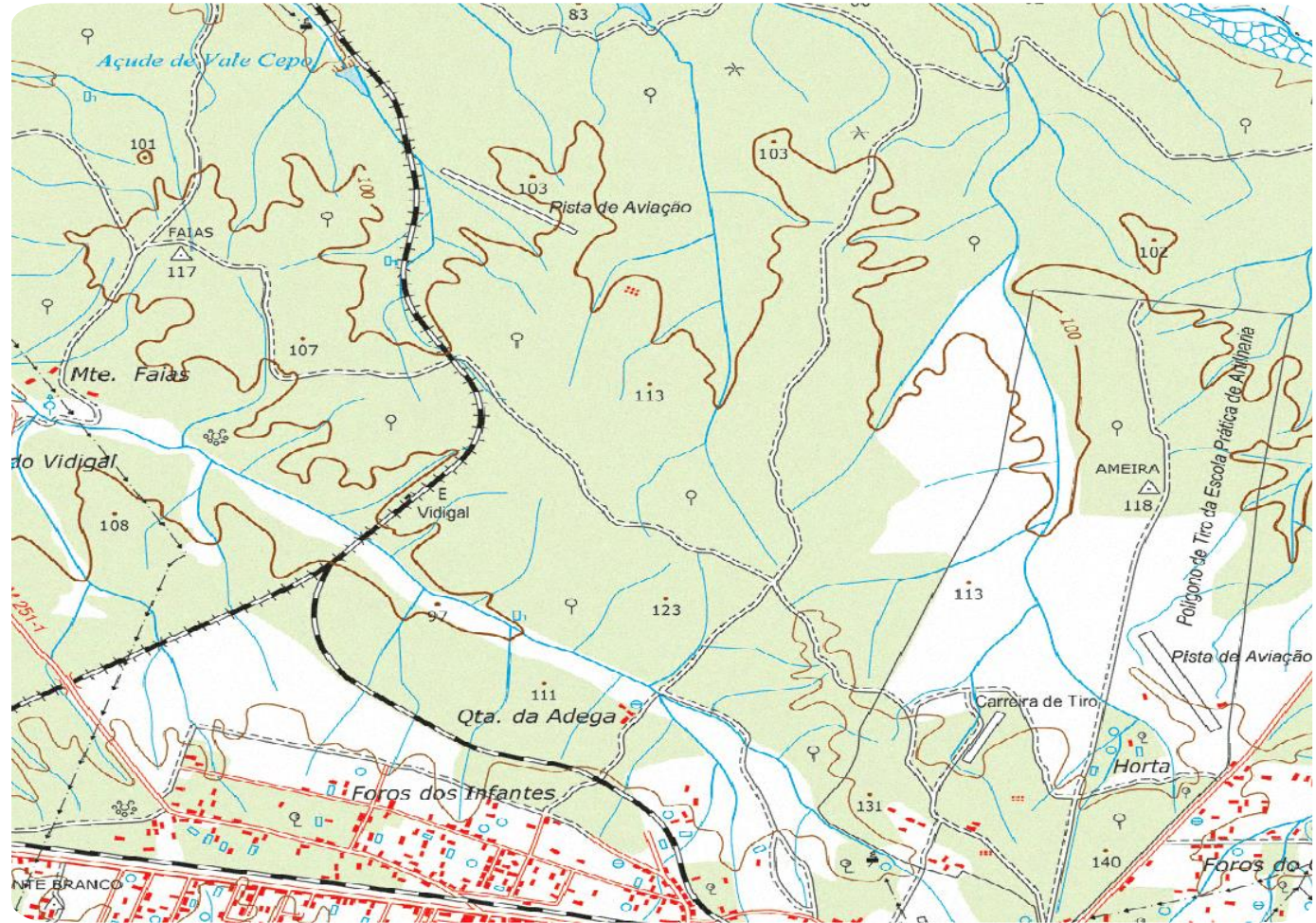


FCUL - 2020/2021

# Ciências da Informação Geoespacial/Geográfica

# Carta

Chama-se carta a qualquer representação plana da superfície da Terra, ou de outro corpo celeste, na qual são representadas as posições relativas dos vários objetos, numa determinada escala e numa determinada projeção cartográfica.

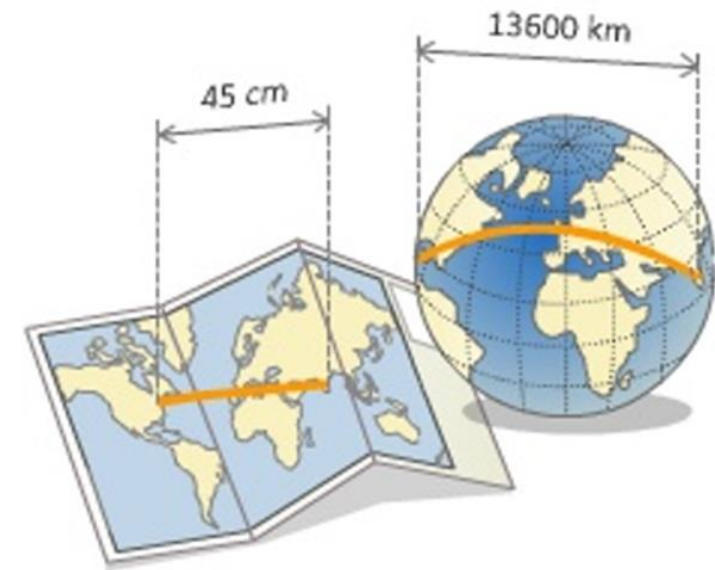


# Escala

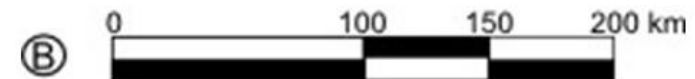
A escala de uma carta é uma relação de proporção entre a realidade e a sua representação.

Por exemplo, a escala 1:100 000 indica que as dimensões do terreno foram reduzidas 100 000 vezes para serem representadas na carta.

Existem 2 tipos de escala : Numérica (A) e Gráfica (B)



Ⓐ 1: 100.000



# Escala

$$E = \frac{\overline{ab}}{\overline{AB}} = \frac{d}{D} = \frac{1}{N}$$

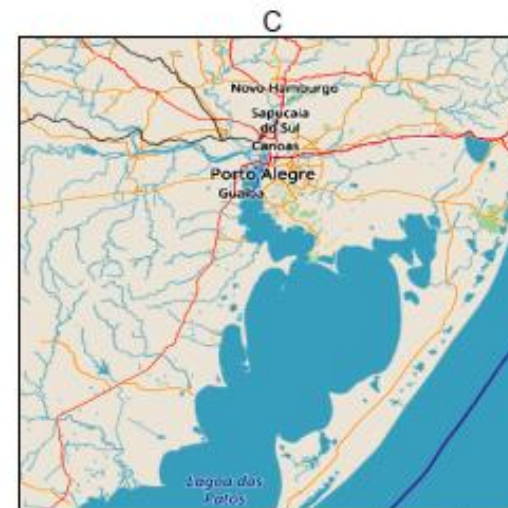
( $E$  é a escala da carta e  $N$  é o modulo da escala da carta)

$$D = d \times N$$

( $d$  é a distância na carta e  $D$  é a correspondente distância no terreno)

$$S = s \times N^2$$

( $s$  é a área na carta e  $S$  é a correspondente área no terreno)



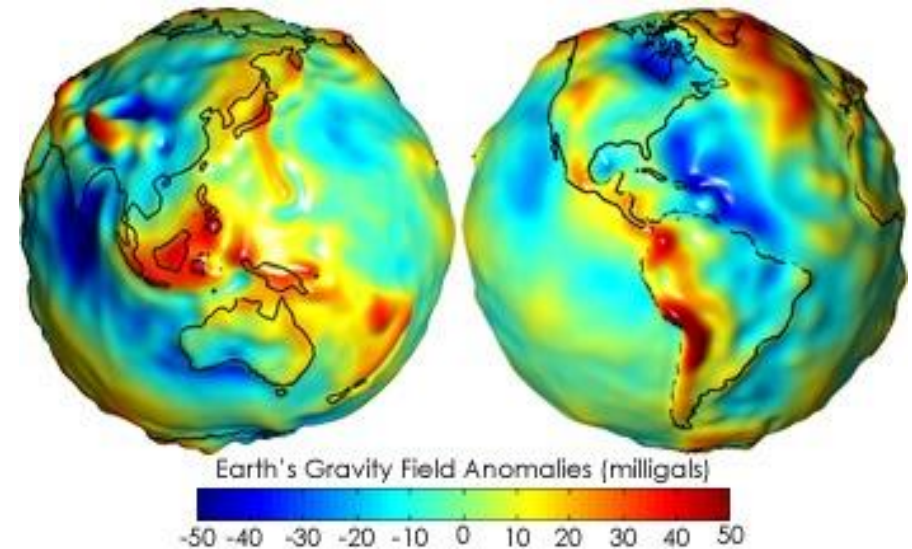
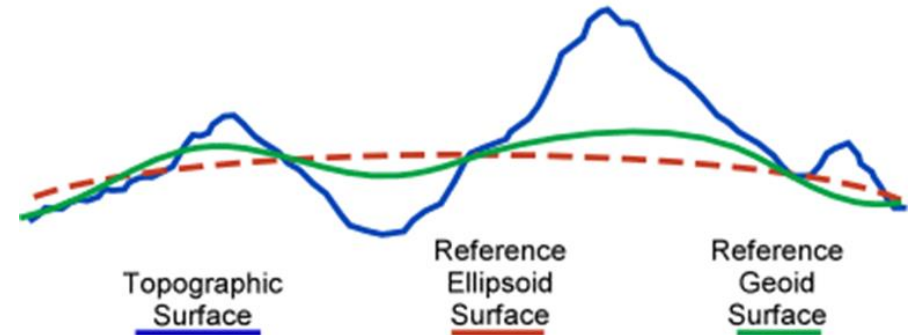
Disponível em: <<https://www.openstreetmap.org/#map=11/-29.9912/-51.1544>>.

Acesso em: 13 set. 2018.

# Geóide

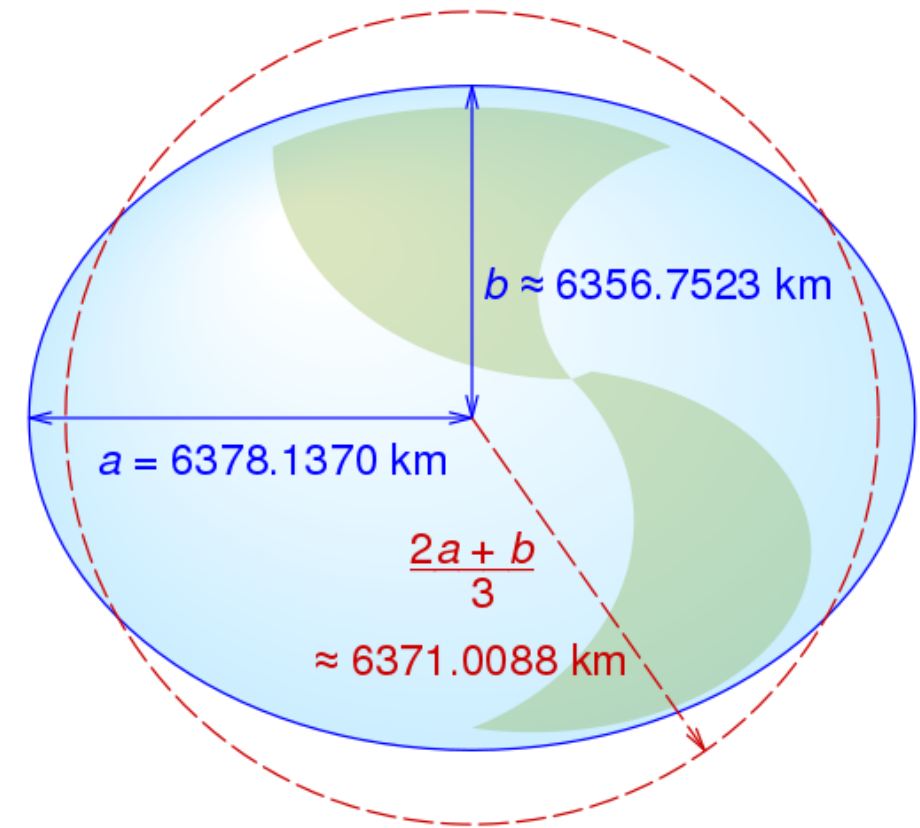
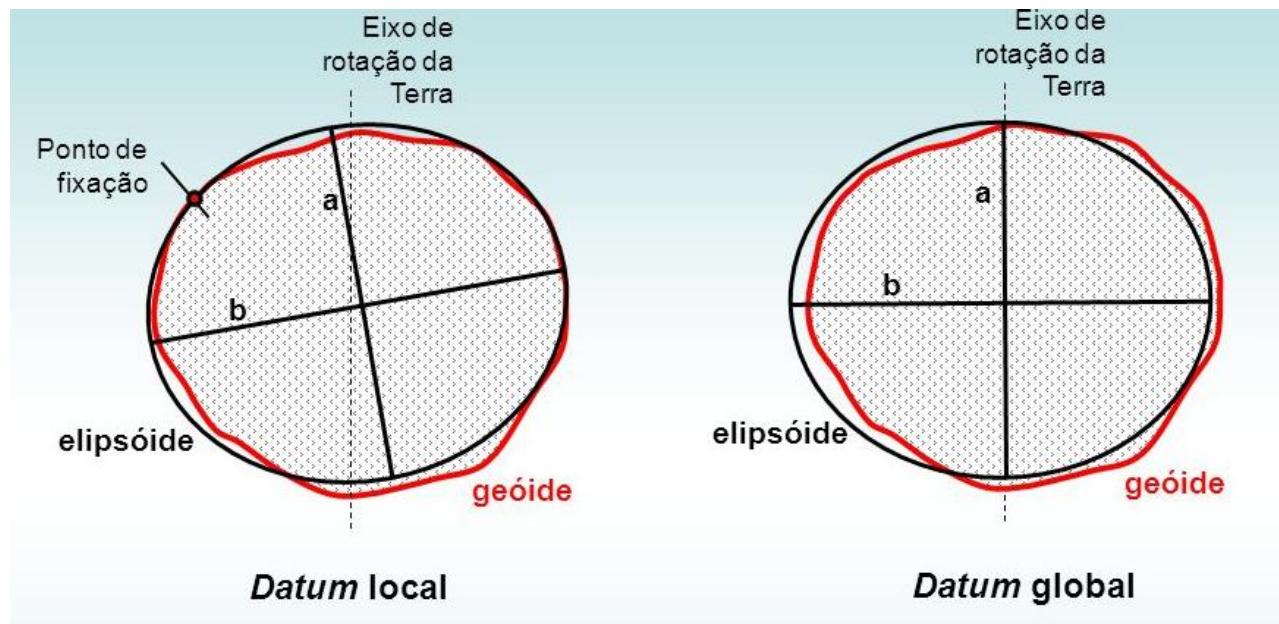
A superfície que melhor se aproxima da forma da Terra é o geóide, que é uma superfície equipotencial que corresponde aproximadamente ao nível médio das águas do mar.

Esta superfície não é simétrica em relação ao eixo de rotação, sendo irregular a distribuição de densidades no interior da Terra (o monte Everest tem cerca de 8 km de altitude e a fossa das Marianas tem cerca de 11 km de profundidade).



# Datum planimétrico

Conjunto de parâmetros que definem a forma e o posicionamento do elipsóide relativamente ao geóide.



## GRS80 (1980)

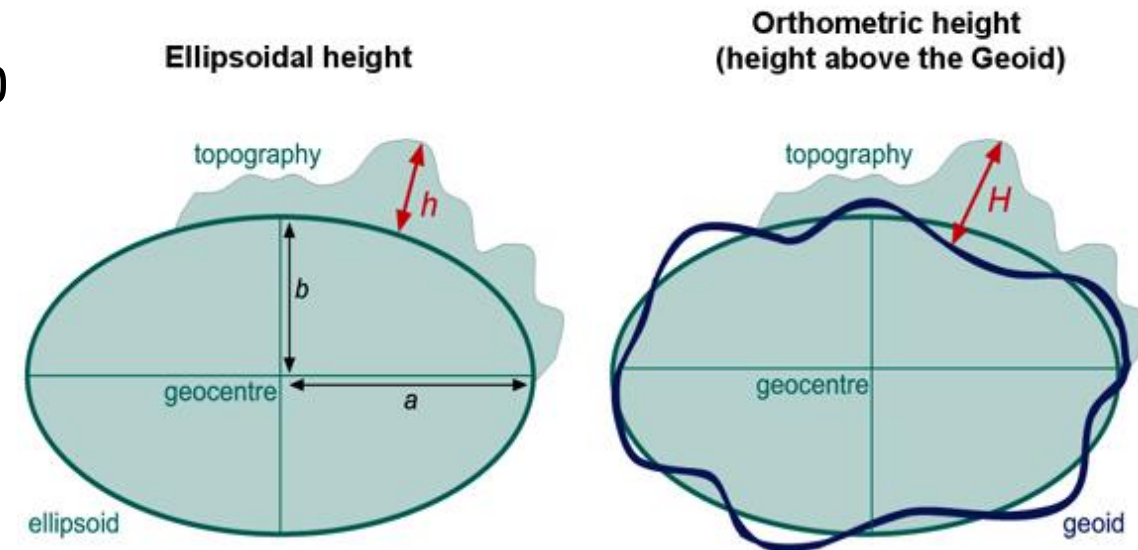
$a = 6\,378\,137 \text{ m}$ ;  $b = 6\,356\,752.3141 \text{ m}$ ;  
achatamento:  $1/298.257223563$

## WGS84 (1984)

$a = 6\,378\,137 \text{ m}$ ;  $b = 6\,356\,752.3142 \text{ m}$ ;  
achatamento:  $1/298.257222101$

# Datum altimétrico

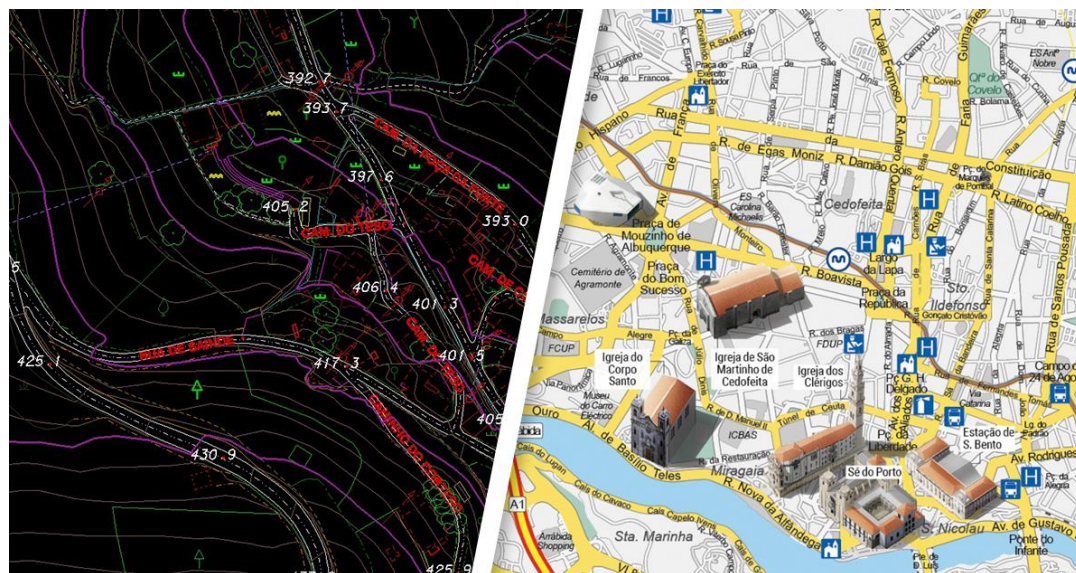
Superfície tomada como referência para a medição da coordenada altimétrica (cota ou altitude ortométrica -  $H$ ) de cada ponto. Em geral, a superfície considerada é o geóide, que se assimila ao nível médio das águas do mar; mas podem-se também considerar cotas relativas ao elipsóide (altitude elipsoidal -  $h$ ).



# Tipos de Carta

## Carta de base

Carta que contém a representação da configuração do terreno e dos elementos naturais e construídos nele existentes.



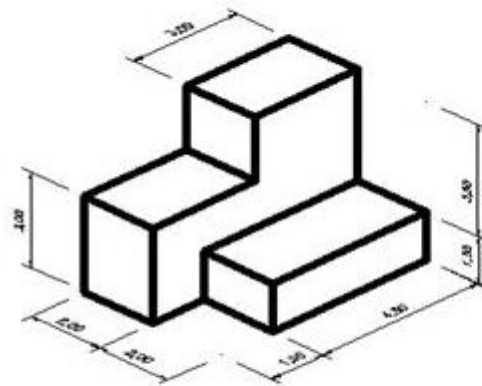
## Carta temática

Carta que contém uma representação mais ou menos esquemática do terreno, representando ainda os valores assumidos no território por uma dada variável.



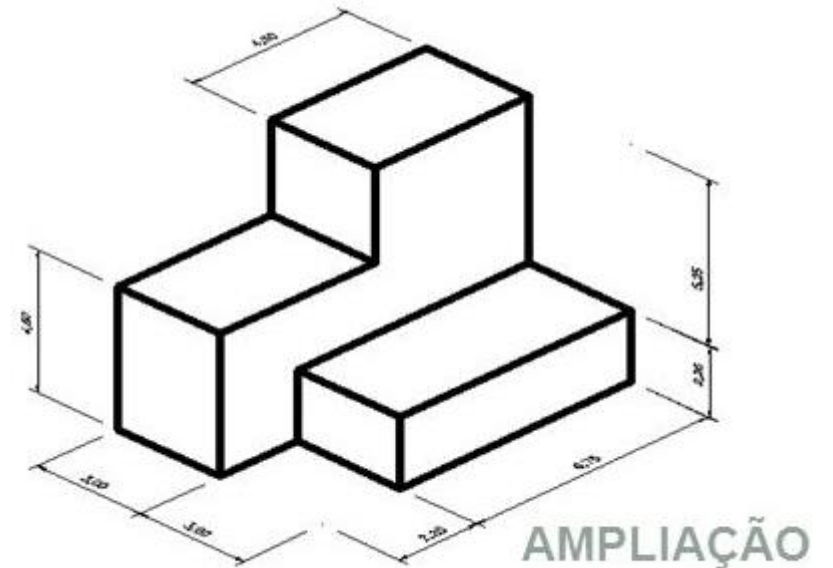
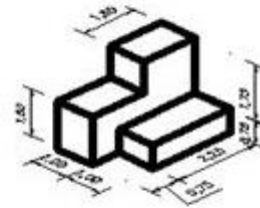
# Classificação das cartas

- Se  $E > 1$  ampliação;
- Se  $E = 1$  cópia natural;
- Se  $E < 1$  redução.



REAL

REDUÇÃO



AMPLIAÇÃO

# Classificação das cartas

Cartas topográficas	
Cartas geográficas	Cartas de pequena escala, inferior a 1: 500 000, que representam os traços mais gerais de vastas regiões do globo terrestre
Cartas corográficas	Cartas de escala intermédia, entre 1:500 000 e 1:50 000, que representam países ou regiões
Cartas topográficas propriamente ditas	<p>Cartas de grande escala, superior a 1:50 000, que representam os aspetos geográficos mais salientes da superfície terrestre</p> <p>O termo <u>planta cartográfica</u> é utilizado para designar as cartas topográficas de maior escala, superior a 1:10 000, representando áreas suficientemente pequenas para que a curvatura da Terra possa ser ignorada e a escala se possa considerar constante</p>

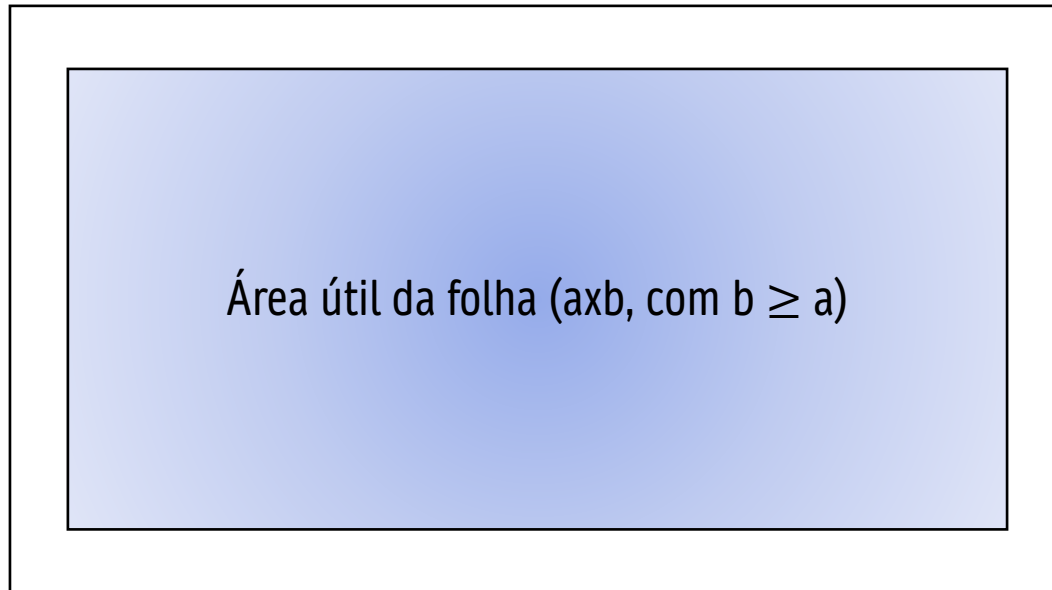
# Critérios para a escolha da escala de uma carta

Critério das  
dimensões

Critério das cartas  
regulares

Critério da precisão  
planimétrica

# Critério das dimensões



$$\max\{N_1, N_2\} \leq N \leq \min\{N_3, N_4\}$$

$$\frac{A}{N} \leq a \wedge \frac{B}{N} \leq b \Rightarrow N \geq \frac{A}{a} = N_1 \wedge N \geq \frac{B}{b} = N_2 \Rightarrow N \geq \max\{N_1, N_2\}$$

$$\frac{A}{N} \geq a \wedge \frac{B}{N} \geq b \Rightarrow N \leq \frac{A}{a} = N_3 \wedge N \leq \frac{B}{b} = N_4 \Rightarrow N \leq \min\{N_3, N_4\}$$

# Critério das dimensões

**Considerando, como exemplo, os dados do Exercício 1.10 das aulas práticas:**

1.10 Pretende-se utilizar uma folha de 110 x 130 cm<sup>2</sup> para nela desenhar uma planta correspondente a uma propriedade retangular de 5 x 6 km<sup>2</sup>. Deixando para margem um mínimo de 5 cm e um máximo de 10 cm de cada lado da folha, que escala utilizaria para essa planta?

Margens de 5 cm (Áre útil máxima = 100 x 120 cm<sup>2</sup>)

$$N \geq \frac{5000}{1} = 5000 \wedge N \geq \frac{6000}{1.2} = 5000$$

Margens de 10 cm (Áre útil mínima = 90 x 110 cm<sup>2</sup>)

$$N \leq \frac{5000}{0.9} = 5555.56 \wedge N \leq \frac{6000}{1.1} = 5454.55$$

# Critério das dimensões

Adotando o valor 5 000 para o módulo da escala, **apenas podemos considerar margens de 5 cm** (área útil de 100 cm x 120 cm), pois a representação da propriedade vai ocupar a área útil toda:

$$a = \frac{A}{N} = \frac{5000}{5000} = 1.0 \text{ m} \wedge b = \frac{B}{N} = \frac{6000}{5000} = 1.2 \text{ m}$$

Considerando margens de 10 cm (área útil de 90 cm x 110 cm) e uma representação da propriedade à escala 1:5 000, seria impossível representar esta propriedade numa única folha, pelo que se teria de considerar mais 3 folhas, ou, em alternativa, adotar uma escala menor, por exemplo 1: 10 000:

$$a = \frac{A}{N} = \frac{5000}{10000} = 0.5 \text{ m} \wedge b = \frac{B}{N} = \frac{6000}{10000} = 0.6 \text{ m}$$

# Critério das cartas regulares

Erro de graficismo teórico ( $\varepsilon'_g$ ) e usual ( $\varepsilon_g$ )

$$\varepsilon'_g = 0.1 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_g = 0.2 \text{ mm}$$

Erro tolerável ( $\varepsilon'_t$ )

$$\varepsilon'_t = \varepsilon'_g \times N \text{ (2.5 m na escala 1:25000)}$$

Erro do levantamento ( $\varepsilon_L$ )

$$\varepsilon_L = 2.6 \times \sigma \text{ (intervalo de confiança de 99\%)}$$

Uma carta regular é aquela em que o erro do levantamento não tem representação por, reduzido à escala da carta, ser inferior ao erro de graficismo.

$$\varepsilon_L \leq \varepsilon'_g \times N \Leftrightarrow \varepsilon_L \leq \varepsilon'_t \Leftrightarrow N \geq \frac{\varepsilon_L}{\varepsilon'_g}$$

# Critério da precisão planimétrica

Erro planimétrico de uma distância medida na carta ( $\varepsilon_d$ )

$$\varepsilon_d = \varepsilon_g + \varepsilon_m + \varepsilon_f$$

Erro planimétrico da correspondente distância no terreno ( $\varepsilon_D$ )

$$\varepsilon_D = \varepsilon_d \times N$$

O módulo da escala é escolhido de modo a que o erro planimétrico do valor de uma distância no terreno não ultrapasse um dado valor limite ( $\varepsilon_{Dmax}$ ).

$$\varepsilon_D \leq \varepsilon_{Dmax} \Leftrightarrow \varepsilon_d \times N \leq \varepsilon_{Dmax} \Leftrightarrow N \leq \frac{\varepsilon_{Dmax}}{\varepsilon_d}$$

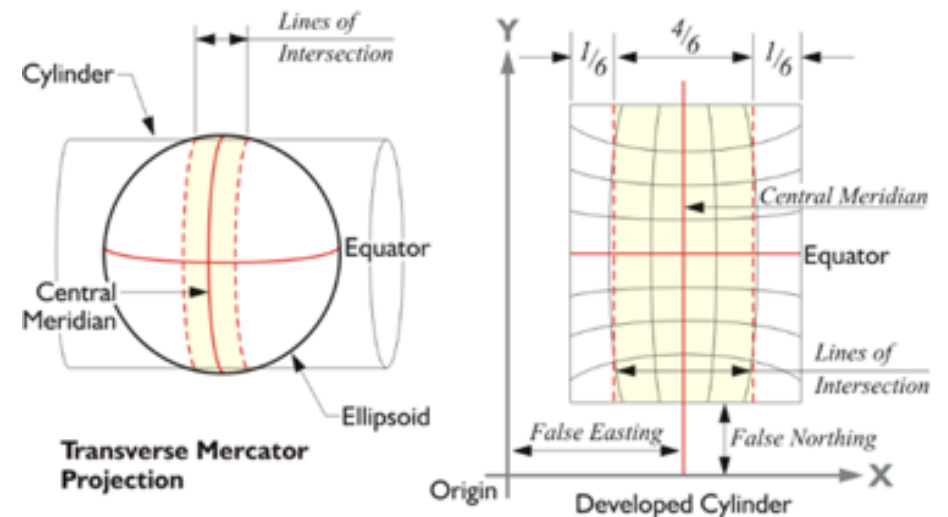
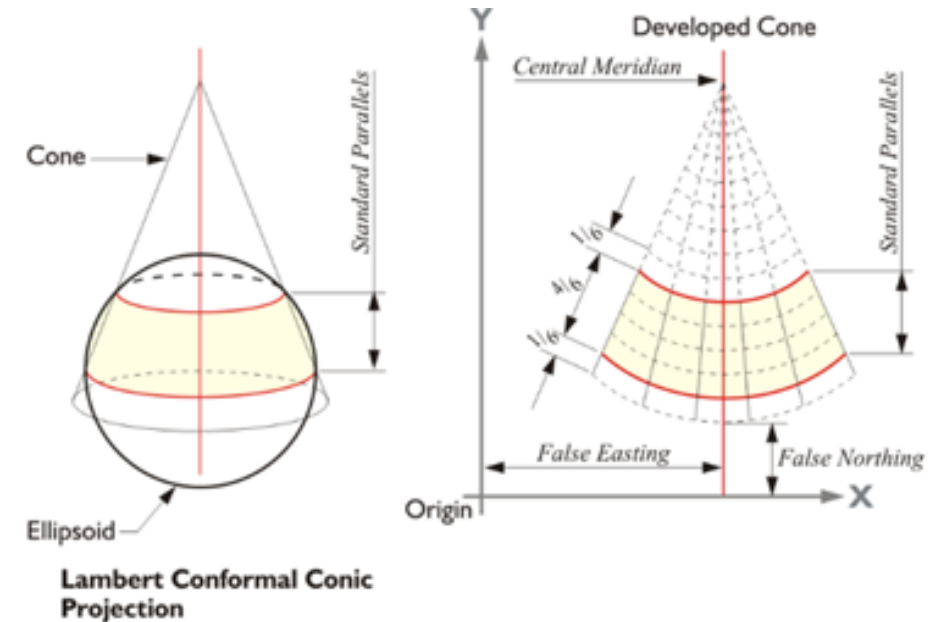


# Datum Planimétrico

## Ponto origem da rede geodésica

A determinação dos parâmetros que constituem o datum planimétrico é feita mediante a escolha de um ponto à superfície da Terra, do qual se determinam a latitude ( $\phi$ ), a longitude ( $\lambda$ ) e as componentes do desvio da vertical (ângulo entre a vertical, que é perpendicular ao geóide, e a normal ao elipsóide). Considera-se que para esse ponto a ondulação do geóide é nula.

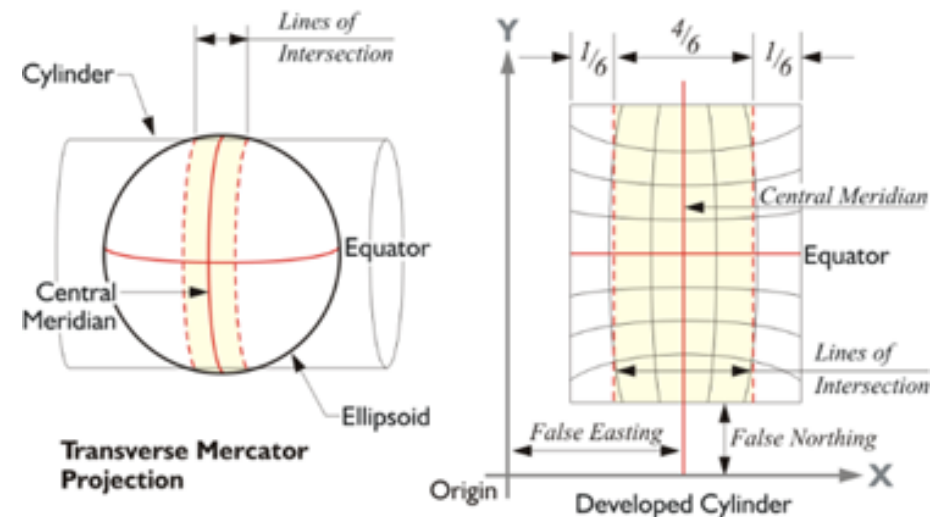
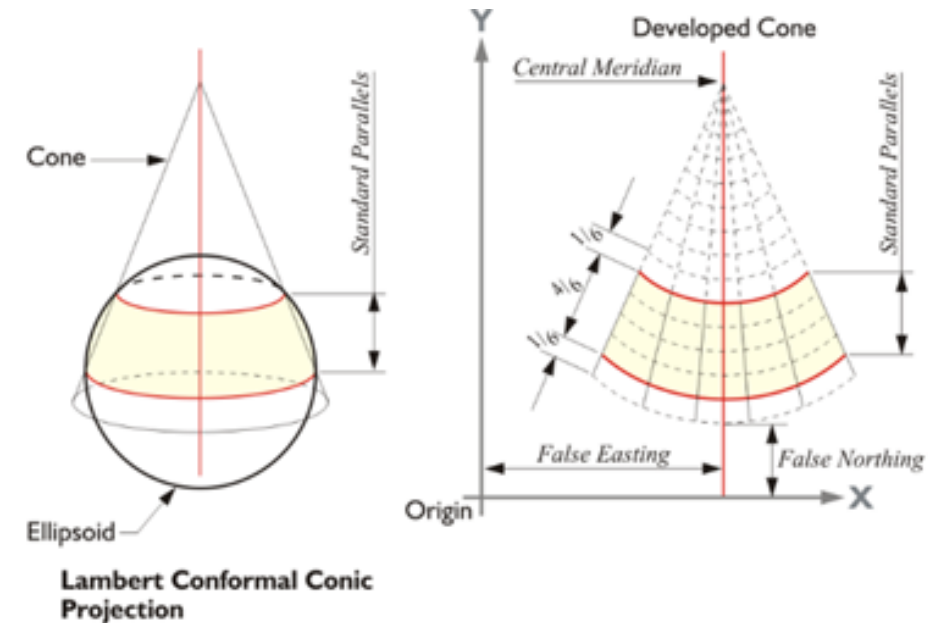
São justamente estes dois elementos - dimensões do elipsóide e o seu posicionamento relativamente ao geóide - que constituem o datum planimétrico.



# Datum Planimétrico

## Origem da projeção cartográfica

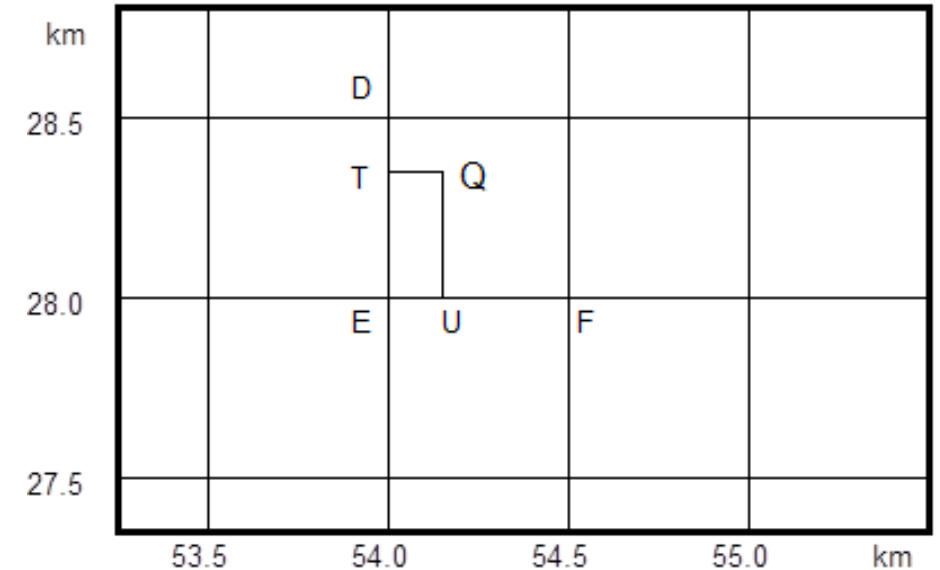
Através de uma projeção cartográfica, a cada ponto do elipsóide, de coordenadas geodésicas ( $\phi$ ,  $\lambda$ ) é feito corresponder um ponto no plano, de coordenadas (X, Y). Essa transformação é feita através de uma função matemática, e em atenção a determinados parâmetros. Significa isto que um mesmo tipo de projeção, traduzido por um mesmo tipo de função, pode dar origem a cartas diferentes, se se fizerem diferir esses parâmetros. Por exemplo, uma projeção cilíndrica transversa dá resultados diferentes consoante o meridiano de tangência considerado; e consoante se considerar o cilindro tangente ou secante ao elipsóide.



# Coordenadas retangulares (M, P) – quadrículas

Os eixos coordenados são definidos com base num meridiano cuja transformada seja retílinea, a essa transformada chamamos **Meridiana**. Passando por um ponto escolhido sobre a Meridiana, define-se então um eixo que lhe seja perpendicular, e ao qual chamamos justamente **Perpendicular**. Esse ponto de interseção entre a Perpendicular e a Meridiana constitui a **Origem das Coordenadas Retangulares**.

As coordenadas planas de um ponto serão assim a "distância à Meridiana", que denotamos por M, e a "distância à Perpendicular", que denotamos por P.



$$M_Q = M_T + \frac{\overline{TQ}}{\overline{EF}} \times 0.5 \text{ km}$$

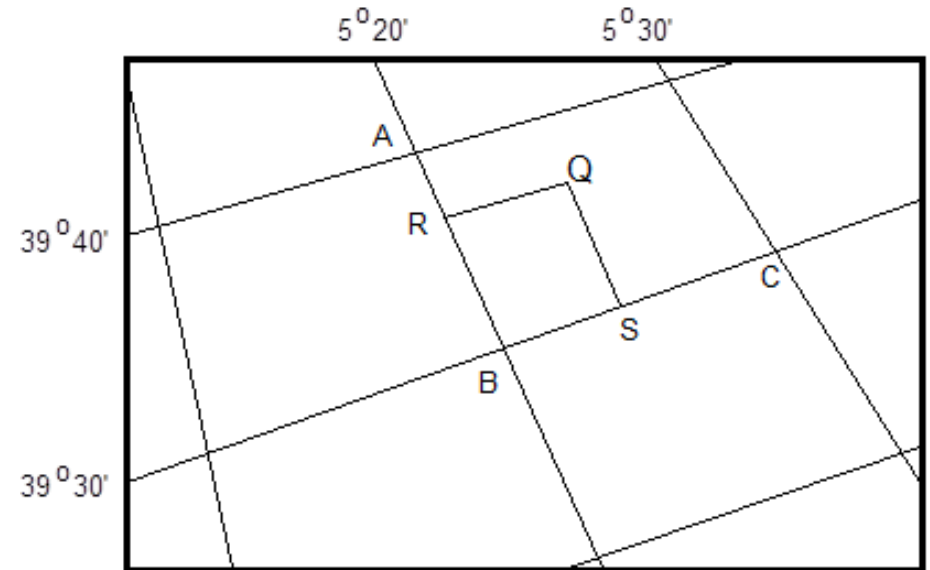
$$P_Q = P_U + \frac{\overline{UQ}}{\overline{ED}} \times 0.5 \text{ km}$$

# Coordenadas geodésicas ( $\phi, \lambda$ ) – rede de meridianos e paralelos

As coordenadas elipsóidicas, também chamadas geodésicas, dos pontos que resultam da projeção sobre o elipsóide, dos pontos da superfície terrestre, são a **Latitude** ( $\phi$ ) e a **Longitude** ( $\lambda$ ) geodésicas.

Elas vão depender não só das dimensões do elipsóide, como também do seu posicionamento em relação ao geóide.

Se a dimensão do território representado na folha não for excessiva, a curvatura dos meridianos e paralelos poderá não ser notória, pelo que poderemos tomar as linhas da rede como sendo retilíneas.

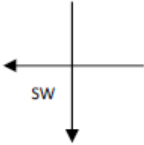
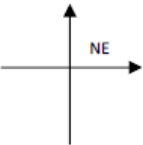
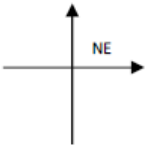



$$\phi_Q \approx \phi_S + \frac{\overline{SQ}}{\overline{BA}} \times 10'$$

$$\lambda_Q \approx \lambda_R + \frac{\overline{RQ}}{\overline{BC}} \times 10'$$

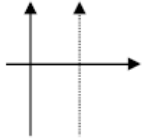
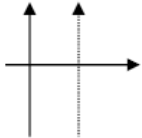
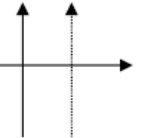
# Sistemas de coordenadas retangulares da Cartografia Portuguesa – DGT

## PORTUGAL CONTINENTAL - DGT

<i>Coordenadas</i>	<i>Bessel-Bonne/Datum Lisboa (obsoleto)</i>	<i>Hayford-Gauss/Datum Lisboa (obsoleto)</i>	<i>Hayford-Gauss/Datum 73 (obsoleto)</i>	<i>PT-TM06/ETRS89</i>
<b>Elipsoide</b>	Bessel	Hayford ou Internacional	Hayford ou Internacional	GRS80
<b>Origem da rede geodésica</b>	Antigo V.G. do Castelo de São Jorge em Lisboa	Antigo V.G. do Castelo de São Jorge em Lisboa	V.G. Melriça	-
<b>Projeção</b>	Bonne	Gauss (Transversa de Mercator)	Gauss (Transversa de Mercator)	Gauss (Transversa de Mercator)
<b>Origem da projeção</b>	Ponto Central $\phi_0 = 39^\circ 40' 00''$ N $\lambda_0 = 08^\circ 07' 54'' .863$ W	Ponto Central $\phi_0 = 39^\circ 40' 00''$ N $\lambda_0 = 08^\circ 07' 54'' .863$ W	Ponto Central $\phi_0 = 39^\circ 40' 00''$ N $\lambda_0 = 08^\circ 07' 54'' .863$ W	$\phi_0 = 39^\circ 40' 05'' .73$ N $\lambda_0 = 08^\circ 07' 59'' .19$ W
<b>Origem das coordenadas rectangulares</b>	Em M: 0 m Em P: 0 m	Em M: 0 m Em P: 0 m	Em M: +180.598 m Em P: -86.990 m	Em M: 0 m Em P: 0 m
<b>Orientação dos eixos coordenados (1º Quad.)</b>				
<b>Coefficiente de redução de escala no meridiano central</b>	K= 1	K= 1	K= 1	K= 1

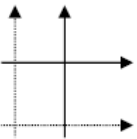
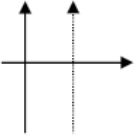
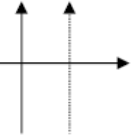
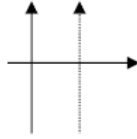
# Sistemas de coordenadas retangulares da Cartografia Portuguesa – DGT

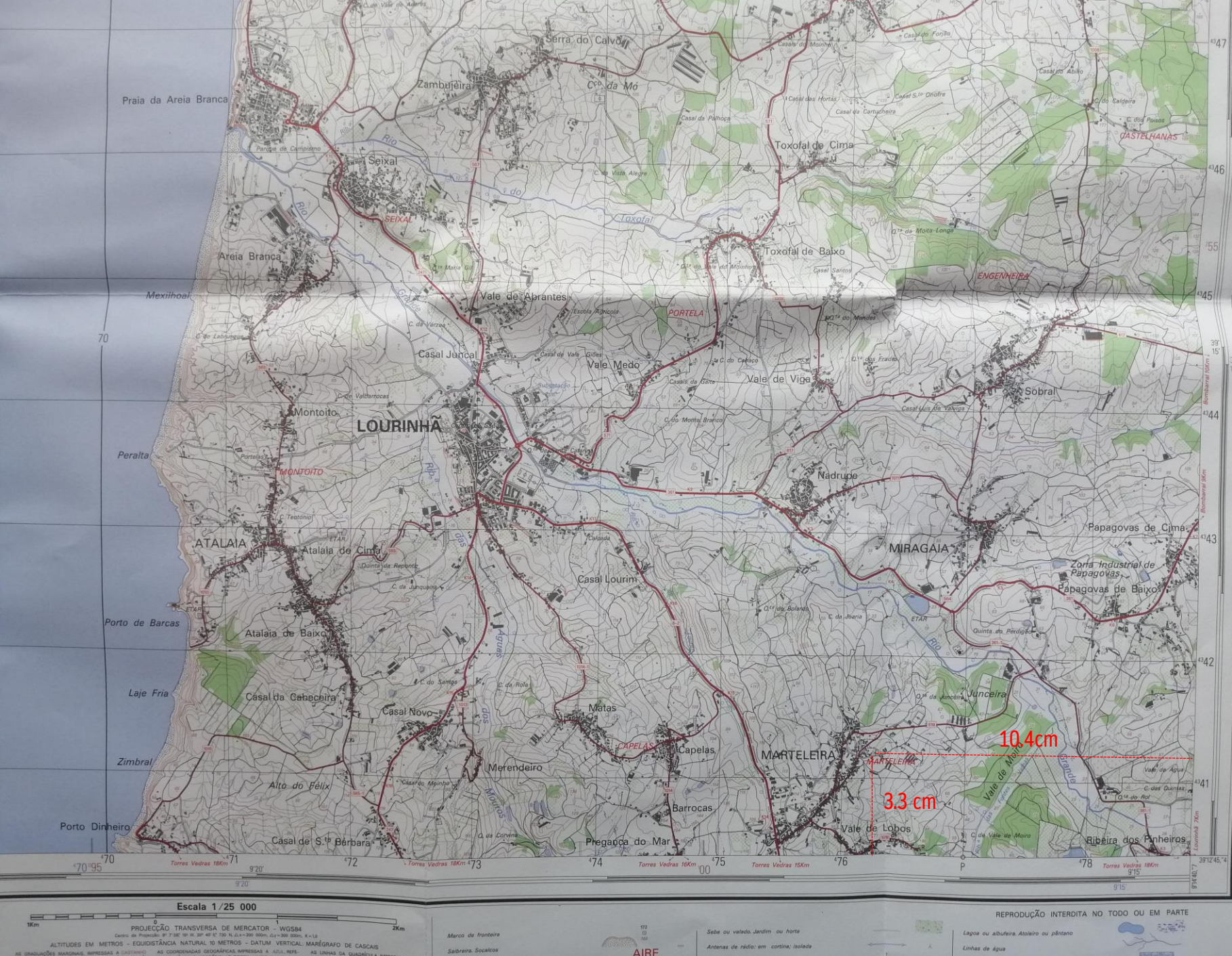
REGIÕES AUTÓNOMAS – DGT

Coordenadas	PTRA08-UTM/ITRF93		
	Arquipélago dos Açores (grupo ocidental)	Arquipélago dos Açores (grupo central e oriental)	Arquipélago da Madeira
Elipsoide	GRS80	GRS80	GRS80
Origem da rede geodésica	-	-	-
Projeção	Universal Transversa de Mercator	Universal Transversa de Mercator	Universal Transversa de Mercator
Origem da projeção	Cruzamento do Equador com o Meridiano Central do fuso 25 $\phi_0 = 0$ $\lambda_0 = 33^\circ \text{ W}$	Cruzamento do Equador com o Meridiano Central do fuso 26 $\phi_0 = 0$ $\lambda_0 = 27^\circ \text{ W}$	Cruzamento do Equador com o Meridiano Central do fuso 28 $\phi_0 = 0$ $\lambda_0 = 15^\circ \text{ W}$
Origem das coordenadas rectangulares	Em M: 500 000 m Em P: 0 m	Em M: 500 000 m Em P: 0 m	Em M: 500 000 m Em P: 0 m
Orientação dos eixos coordenados (1º Quad.)			
Coefficiente de redução de escala no meridiano central	K= 0.9996	K= 0.9996	K= 0.9996

# Sistemas de coordenadas retangulares da Cartografia Portuguesa – CIGeoE

PORTUGAL CONTINENTAL e REGIÕES AUTÓNOMAS - CIGeoE

Coordenadas	PORTUGAL CONTINENTAL	REGIÕES AUTÓNOMAS		
	TM/WGS84	WGS 84 / UTM Fuso 25N	WGS 84 / UTM Fuso 26N	WGS 84 / UTM Fuso 28N
Elipsoide	WGS84	WGS84	WGS84	WGS84
Origem da rede geodésica	-	-	-	-
Projeção	Gauss (Transversa de Mercator)	Universal Transversa de Mercator	Universal Transversa de Mercator	Universal Transversa de Mercator
Origem da projeção	$\phi_0 = 39^\circ 40' 05''.73 \text{ N}$ $\lambda_0 = 08^\circ 07' 59''.19 \text{ W}$	Cruzamento do Equador com o Meridiano Central do fuso 25 $\phi_0 = 0$ $\lambda_0 = 33^\circ \text{ W}$	Cruzamento do Equador com o Meridiano Central do fuso 26 $\phi_0 = 0$ $\lambda_0 = 27^\circ \text{ W}$	Cruzamento do Equador com o Meridiano Central do fuso 28 $\phi_0 = 0$ $\lambda_0 = 15^\circ \text{ W}$
Origem das coordenadas rectangulares	Em M: 200 000 m Em P: 300 000 m	Em M: 500 000 m Em P: 0 m	Em M: 500 000 m Em P: 0 m	Em M: 500 000 m Em P: 0 m
Orientação dos eixos coordenados (1º Quad.)				
Coefficiente de redução de escala no meridiano central	K= 1	K= 0.9996	K= 0.9996	K= 0.9996



Dimensões do terreno representado na área útil da Carta Militar de Portugal à escala 1:25 000 (1 cm na carta = 25 000 cm no terreno = 0.25 km no terreno):

16 km (Este-Oeste)

10 km (Norte-Sul)

Coordenadas retangulares do canto inferior direito:

$$M_p = 104 \text{ km}$$

$$P_p = 250 \text{ km}$$

Coordenadas retangulares do vértice geodésico MARTELEIRA:

$$M_{\text{Marteleira}} = M_{\text{canto}} - 10.4 \times 0.25 = 101.40 \text{ km}$$

$$P_{\text{Marteleira}} = P_{\text{canto}} + 3.3 \times 0.25 = 250.83 \text{ km}$$



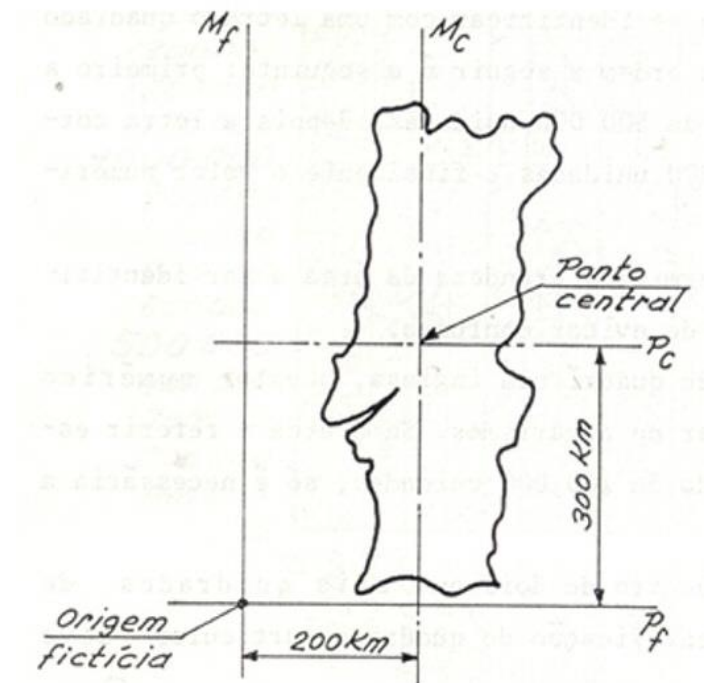
# Coordenadas Transversa de Mercator/WGS84

Este sistema de referência foi adotado pelo CIGeoE, desde 1 de Maio de 2001, para substituir o sistema de coordenadas Hayford-Gauss militares utilizado na Carta Militar de Portugal na escala 1/25 000 (série M888) até essa data.

As coordenadas de um ponto, relativas ao Ponto Fictício (“Coordenadas Topográficas”), são obtidas das coordenadas relativas ao Ponto Central, somando a estas 200 km em M e 300 km em P:

$$M_{PF} = M_{PC} + 200 \text{ km}$$

$$P_{PF} = P_{PC} + 300 \text{ km}$$



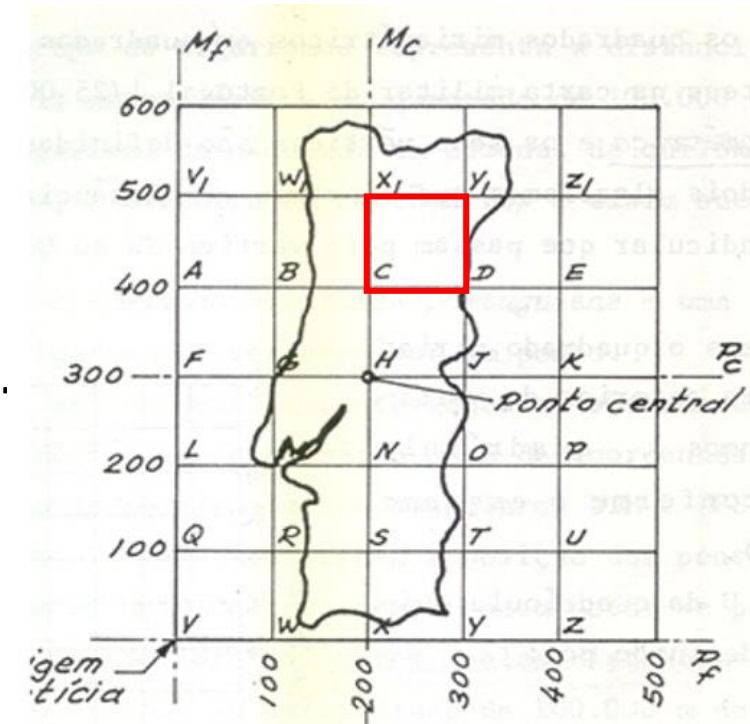
# Coordenadas Transversa de Mercator/WGS84

Com base neste novo referencial, criou-se uma quadrícula constituída por quadrados de 100 km de lado, cada um dos quais é designado por uma letra. Criou-se assim uma notação alfanumérica, constituída pela letra correspondente ao quadrado onde se localiza o ponto, e dois grupos de algarismos indicando os valores de M e P, começando na dezena de quilómetro. Assim, teremos, por exemplo:

C 357.042 (para coordenadas conhecidas até ao hectómetro)

C 3574624.0423816 (para coordenadas conhecidas até ao centímetro)

As coordenadas relativas ao Ponto Fictício, apresentadas segundo esta notação, recebem a designação de "Coordenadas Militares".



$$M_{PF} = 235.7 \text{ km} = 235\,746.24 \text{ m}$$

$$P_{PF} = 404.2 \text{ km} = 404\,238.16 \text{ m}$$

# Coordenadas Transversa de Mercator/WGS84

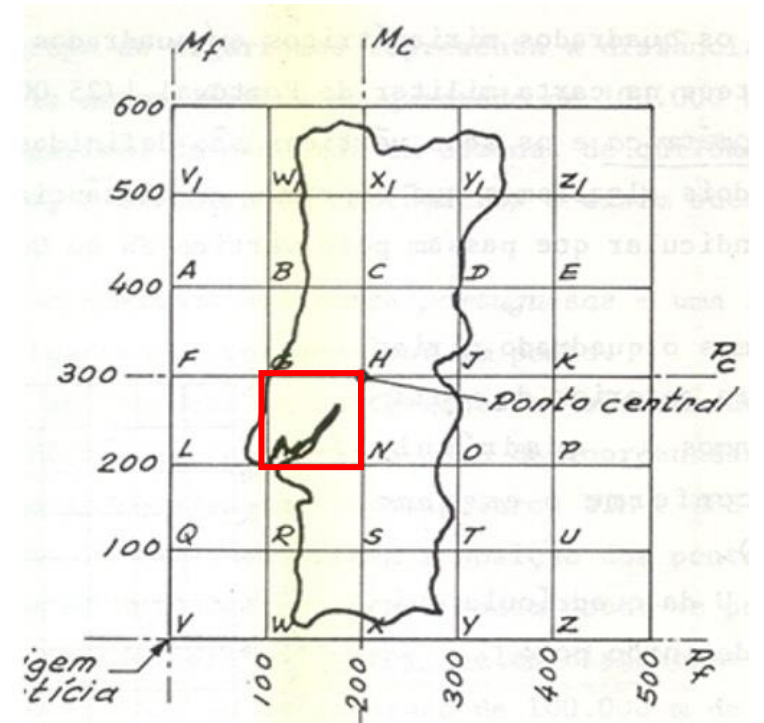
Por exemplo, para o vértice geodésico MARTELEIRA no slide 22:

$$M_{\text{Marteleira}}(\text{TM/WGS84}) = 101.40 \text{ km}$$

$$P_{\text{Marteleira}}(\text{TM/WGS84}) = 250.83 \text{ km}$$

As correspondents coordenadas militares são:

M 014.508

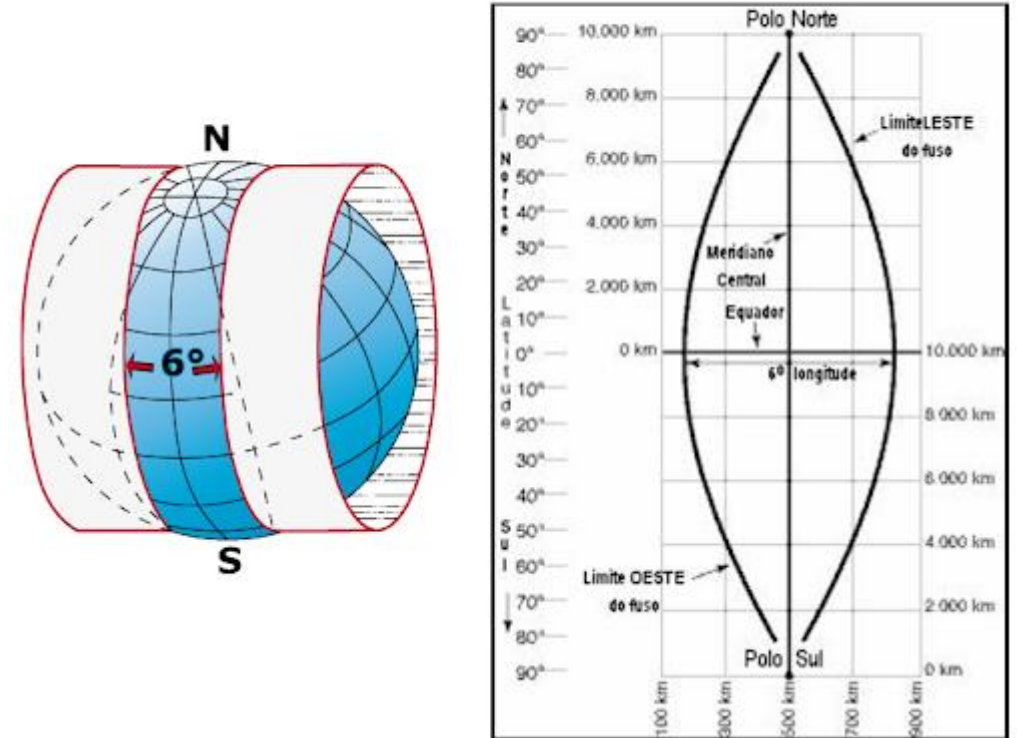


# Coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM)

A projeção UTM é utilizada na cartografia das Regiões Autónomas da Madeira e dos Açores. A quadrícula UTM/WGS84 encontra-se também impressa (a preto) na Carta Militar de Portugal à escala 1/25 000, juntamente com a quadrícula TM/WGS84 (impressa a castanho) e a UTM/ED50 (impressa a azul).

O sistema UTM deve a sua importância ao facto de, como o seu nome indica, ser um sistema que abrange toda a Terra, apenas com a exceção das regiões polares.

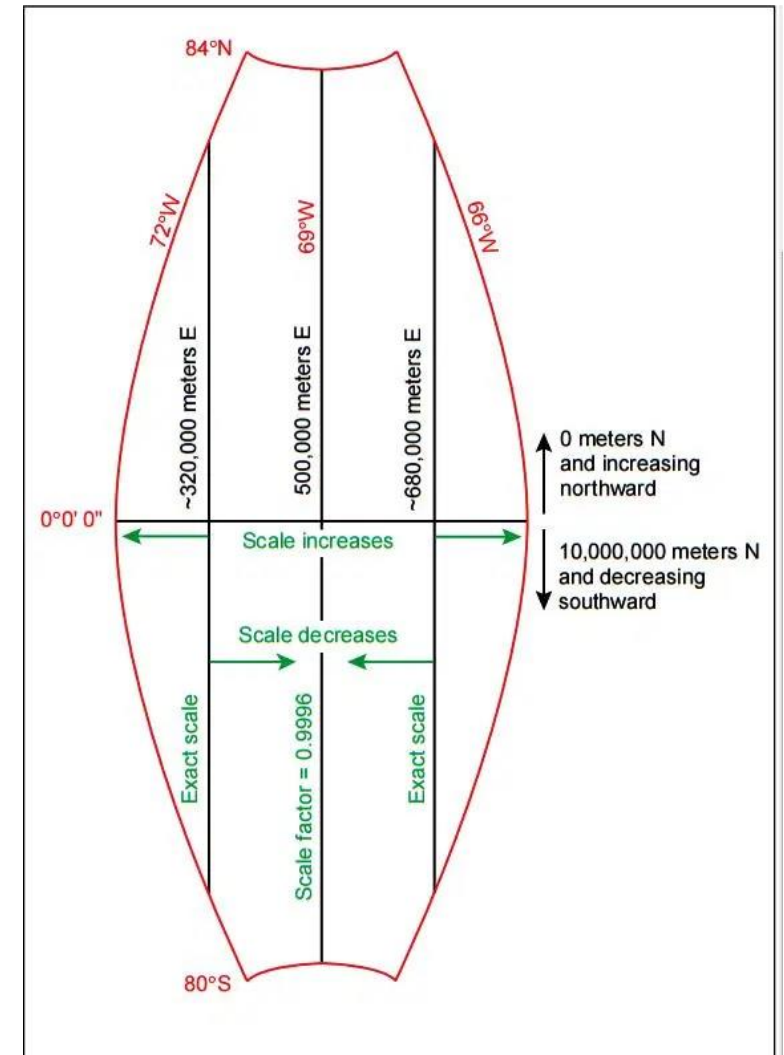
Universal Transversa de Mercator (UTM)



# Coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM)

## LIMITES

Todas as regiões compreendidas entre as latitudes  $84^{\circ}$  N e  $80^{\circ}$  S estão cobertas pelo sistema de coordenadas retangulares UTM.



# Coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM)

## FUSOS

- A Terra é dividida em 60 fusos de 6° de amplitude em longitude;
- Os fusos são numerados de 1 a 60, a partir do semi-meridiano dos antípodas de Greenwich, de Oeste para Leste;
- Cada fuso tem assim o seu meridiano central.

$$\lambda \text{ W Gr} \Rightarrow \text{Fuso} = \text{Int} \left[ \frac{180^\circ - \lambda}{6^\circ} \right] + 1$$

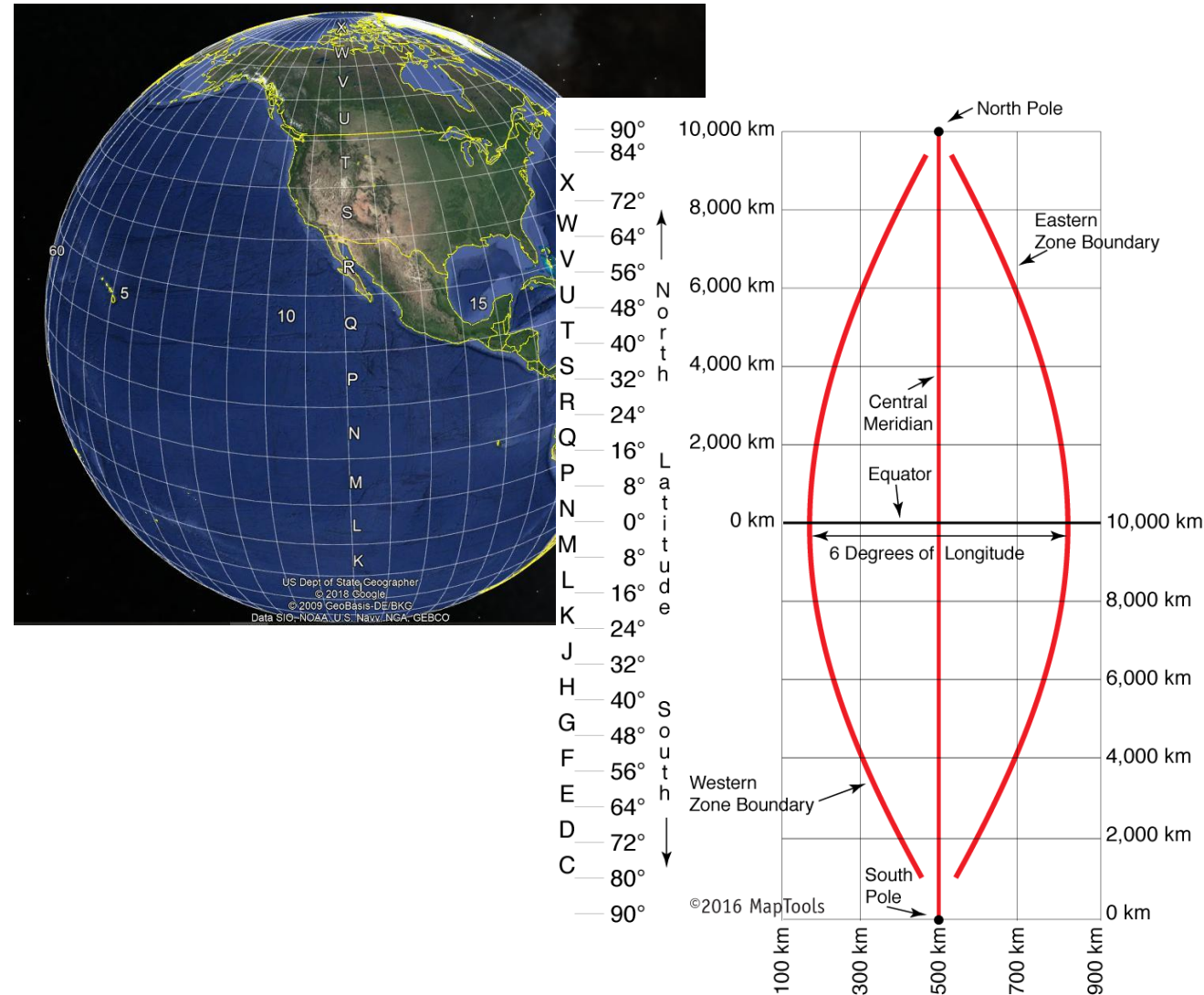
$$\lambda \text{ E Gr} \Rightarrow \text{Fuso} = \text{Int} \left[ \frac{180^\circ + \lambda}{6^\circ} \right] + 1 = \text{Int} \left[ \frac{\lambda}{6^\circ} \right] + 31$$



# Coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM)

## ZONAS

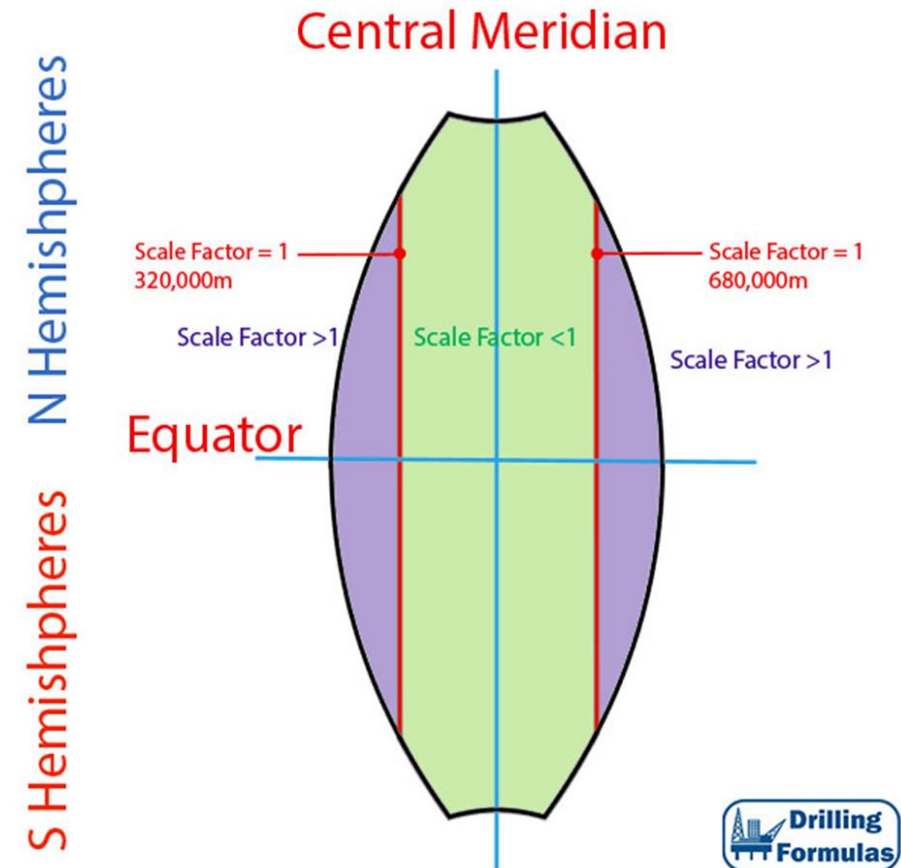
- Cada fuso é dividido em 20 zonas de 8° de amplitude em latitude, exceto a zona mais a Norte, que tem 12° de amplitude;
- Dentro de cada fuso, as zonas são identificadas por letras, de C a X (excetuando-se I e O), de Sul para Norte;
- A identificação de uma zona é feita através de um par número-letra, sendo que o território continental de Portugal se situa nas zonas 29T e 29S.



# Coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM)

## EIXOS COORDENADOS

- Cada fuso tem uma Meridiana, que é a transformada do meridiano central;
- A Perpendicular coincide com a transformada do Equador;
- As coordenadas crescem de Sul para Norte, e de Oeste para Leste.

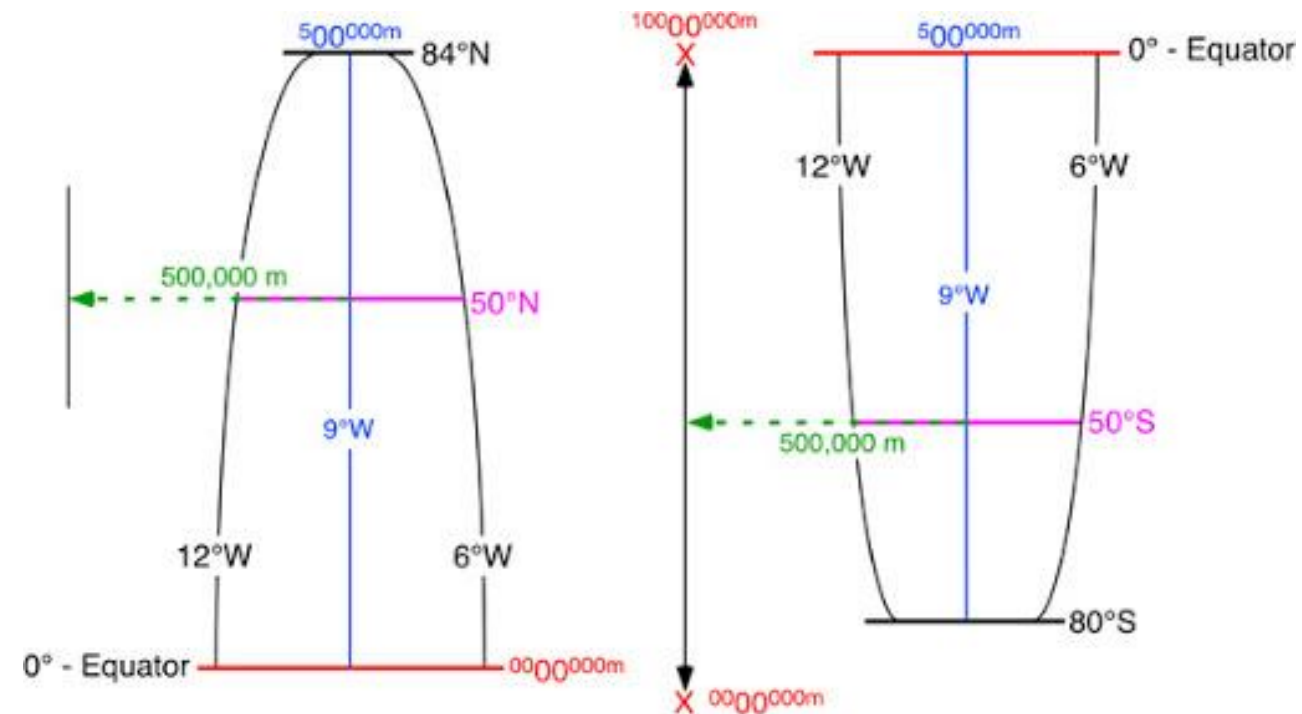




# Coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM)

## ORIGENS FICTÍCIAS

- Os eixos coordenados sofrem uma translação que os posiciona em origens fictícias;
- No hemisfério Norte, e para cada fuso, a origem situa-se 500 km a Oeste do meridiano central, e sobre o Equador;
- No hemisfério Sul, e para cada fuso, a origem situa-se 500 km a Oeste do meridiano central, e 10 000 km a sul do Equador;
- Como resultado, as coordenadas UTM são sempre positivas.



# Coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM)

## QUADRADOS

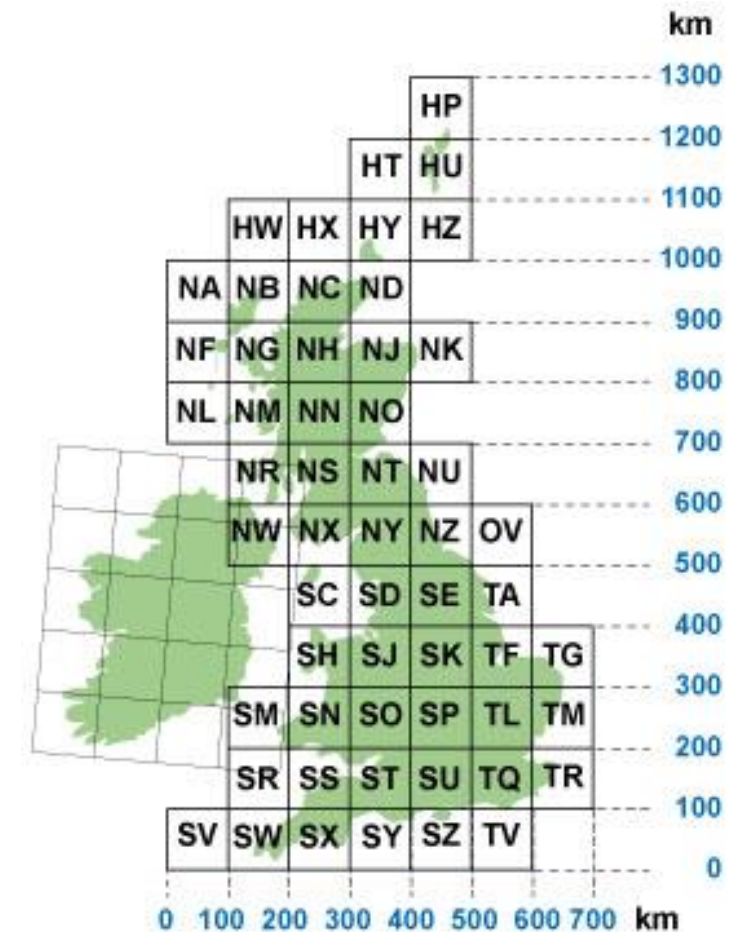
Sobreposta à rede de zonas existe uma malha constituída por quadrados de 100 km de lado. Cada quadrado é identificado por duas letras, a primeira relativa à coluna e a segunda relativa à linha em que o quadrado se situa.

### Colunas:

- As colunas são identificadas por letras da A a Z (excetuando-se I e O), num total de 24 letras, distribuídas de Oeste para Leste. Cada fuso tem, sobre o Equador, 8 colunas, pelo que cada alfabeto se repete de 3 em 3 fusos.

### Linhas:

- As linhas são identificadas por letras da A a V (excetuando-se I e O), num total de 20 letras, distribuídas de Sul para Norte. Cada alfabeto repete-se assim a cada 2 000 km. A linha A começa sobre o Equador nos fusos ímpares, e 500 km a Sul do Equador nos fusos pares.



# Coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM)

## COORDENADAS UTM

### Retangulares:

- As coordenadas UTM de um ponto podem ser dadas através das simples distâncias desse ponto aos eixos coordenados (Meridiana e Perpendicular Fictícias). Para que o ponto fique univocamente determinado, há ainda que indicar o fuso e o hemisfério -Norte ou Sul - em que ele se situa; esta indicação pode ser feita através da indicação da zona.

Exemplo: Zona 29S

M = 6 173 hm

P = 41 258 hm

# Coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM)

## COORDENADAS UTM

### Militares:

•As coordenadas UTM de um ponto podem ainda ser dadas fazendo referência ao quadrado de 100 km de lado em que o ponto se situa, sendo depois apenas necessário indicar as coordenadas M e P a partir da dezena de km. As coordenadas UTM militares são então constituídas por: identificação da zona, identificação do quadrado, dígitos respeitantes à coordenada M, dígitos respeitantes à coordenada P.

Exemplo:           29SPB173258

# Coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM)

Por exemplo, para o vértice geodésico MARTELEIRA no slide 22:

Zona 29S

$$M_{\text{Marteleira}}(\text{UTM/WGS84}) = 476.25 \text{ km}$$

$$P_{\text{Marteleira}}(\text{UTM/WGS84}) = 4\,341.20 \text{ km}$$

As correspondentes coordenadas militares são:

29 S MD 762.412

**Exercício:** também com 2 repetições da linha

29 T NF 511.665 (militares)

M= 551.1 km; P= 4 566.5 km (retangulares)

## COLUNA

Fuso 1: ABCD|EFGH (a linha ao alto corresponde a uma distância à meridiana de  $M = 500 \text{ km}$ )

Fuso 2: JKLM|NPQR

Fuso 3: STUV|WXYZ

Fuso 4: ABCD|EFGH

...

Fuso 28: ABCD|EFGH

Fuso 29: JKLM|NPQR (a letra M compreende as distâncias à meridiana  $400 \text{ km} \leq M < 500 \text{ km}$ )

...

## LINHA

Fuso ímpar, logo a 1ª linha acima do equador é a A.

A, B, C, ..., V (2 000 km); 2 repetições; inicia de novo na letra A (4 000 km); B (4 100 km); C (4 200 km); D (4 300 km); E (4 400 km); F (4 500 km); ...

# Sistema Cartográfico Português

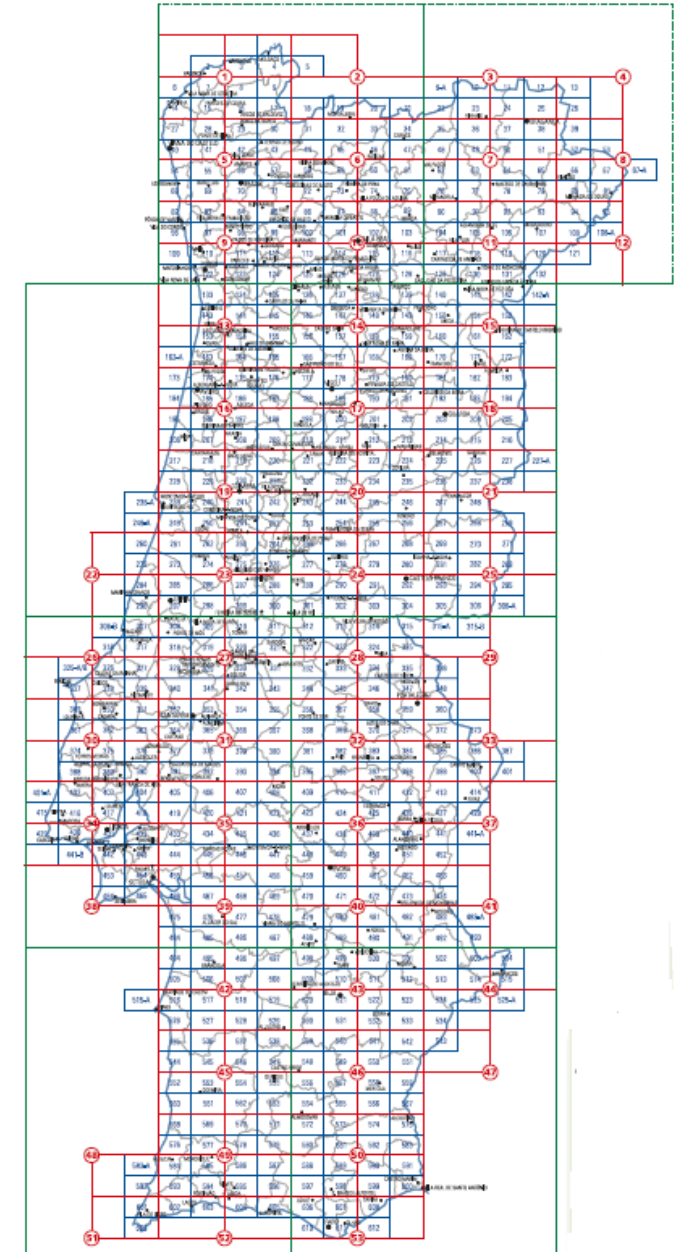
## SÉRIE CARTOGRÁFICA

Conjunto de folhas de uma mesma carta que possuem as mesmas características: as mesmas dimensões, o mesmo sistema de numeração e o mesmo conjunto de sinais convencionais.

Para além destes elementos, são também comuns às diversas folhas os parâmetros de definição da carta: os mesmos data (planimétrico e altimétrico), a mesma projeção cartográfica (com os mesmos parâmetros), o mesmo sistema de coordenadas planas e a mesma escala.

## SISTEMA CARTOGRÁFICO

Conjunto das séries cartográficas que cobrem o território de um país.



# Sistema Cartográfico Português

Carta corográfica 1/100 000 - DGT

Dimensões das folhas: a = 64 x 40 cm<sup>2</sup> ( A = 64 x 40 km<sup>2</sup> )

Numeração das folhas: As folhas são numeradas de 1 a 53, conforme a sequência indicada na figura.

Exemplo: 30

	<b>01</b>	<b>02</b>	<b>03</b>	<b>04</b>
	<b>05</b>	<b>06</b>	<b>07</b>	<b>08</b>
	<b>09</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	
	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	
	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	
<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	
<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	
<b>30</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	
<b>34</b>	<b>35</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	
<b>38</b>	<b>39</b>	<b>40</b>	<b>41</b>	
	<b>42</b>	<b>43</b>	<b>44</b>	
	<b>45</b>	<b>46</b>	<b>47</b>	
<b>48</b>	<b>49</b>	<b>50</b>		
<b>51</b>	<b>52</b>	<b>53</b>		

# Sistema Cartográfico Português

Cartografia à escala 1/50 000 - DGT e CIGeoE

Dimensões das folhas: a = 64 x 40 cm<sup>2</sup> ( A = 32 x 20 km<sup>2</sup> )

Numeração das folhas: A numeração das folhas é feita com base na subdivisão, em quatro, das folhas da carta 1/100 000; cada uma dessas quatro folhas recebe um número que é constituído pelo número da folha da carta 1/100 000 a que pertence, seguido de uma letra, no caso da carta da DGT, ou de um número romano, no caso da carta do CIGeoE, como se ilustra na figura.

Exemplo: 30-A

**DGT**

A	B
C	D

**CIGeoE**

IV	I
III	II

	<b>22</b> 22B	23A	<b>23</b> 23B	24A	<b>24</b> 24B
	22D	23C	23D	24C	24D
	<b>26</b> 26B	27A	<b>27</b> 27B	28A	<b>28</b> 28B
26C	26D	27C	27D	28C	28D
<b>30A</b>	<b>30</b> 30B	31A	<b>31</b> 31B	32A	<b>32</b> 32B
30C	30D	31C	31D	32C	32D
34A	<b>34</b> 34B	35A	<b>35</b> 35B	36A	<b>36</b> 36B
34C	34D	35C	35D	36C	36D



# Sistema Cartográfico Português

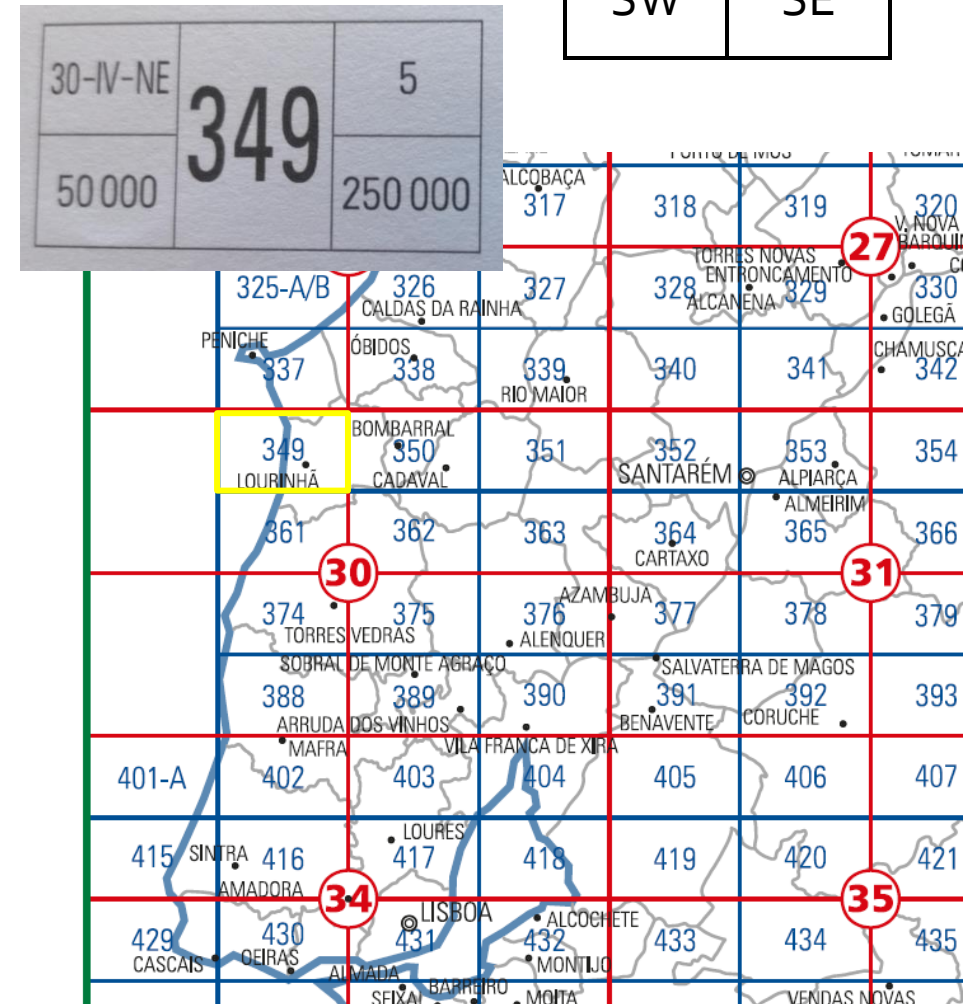
NW	NE
SW	SE

Carta Militar 1/25 000 - CIGeoE

Dimensões das folhas: a = 64 x 40 cm<sup>2</sup> ( A = 16 x 10 km<sup>2</sup> )

Numeração das folhas: A numeração das folhas é feita com base na subdivisão, em quatro, das folhas da carta 1/50 000 do CIGeoE; cada uma dessas quatro folhas recebe um número que é constituído pelo número da folha da carta 1/50 000 a que pertence, seguido da designação NW, NE, SW, ou SE.

Exemplo: 30-IV-NE ou 349



# Sistema Cartográfico Português

Cartografia à escala 1/10 000 - DGT

1	2
3	4

Dimensões das folhas: a = 80 x 50 cm<sup>2</sup> ( A = 8 x 5 km<sup>2</sup> )

Numeração das folhas: A numeração das folhas é feita com base na subdivisão, em quatro, das folhas da carta 1/25 000 do CIGeoE; cada uma dessas quatro folhas recebe um número que é constituído pelo número da folha da carta 1/25 000 a que pertence, de acordo com a figura.

Exemplo: 349-1

	349-1	349-2	350-1	350-2	351-1	351-2
	349-3	349-4	350-3	350-4	351-3	351-4
30A	361-1	361-2	362-1	362-2	30B 363-1	363-2
	361-3	361-4	362-3	362-4	363-3	363-4
	374-1	374-2	375-1	375-2	376-1	376-2
	374-3	374-4	375-3	375-4	376-3	376-4
30C	388-1	388-2	389-1	389-2	30D 390-1	390-2
	388-3	388-4	389-3	389-4	390-3	35A 390-4

# Sistema Cartográfico Português

Cartografia à escala 1/5 000 - DGT

Dimensões das folhas: a = 80 x 50 cm<sup>2</sup> ( A = 4 x 2.5 km<sup>2</sup> )

Numeração das folhas: A numeração das folhas é feita com base na subdivisão, em quatro, das folhas da carta 1/10 000 da DGT; cada uma dessas folhas recebe um número que é constituído pelo número da folha da carta 1/10 000 a que pertence, de acordo com a figura.

Exemplo: 349-1-1

1	2
3	4

# Sistema Cartográfico Português

## Cartografia à escala 1/2 000 - DGT

Dimensões das folhas: a = 80 x 50 cm<sup>2</sup> ( A = 1.6 x 1.0 km<sup>2</sup> )

Numeração das folhas: A numeração das folhas é feita com base na subdivisão, em vinte cinco, das folhas da carta 1/10 000 da DGT; cada uma dessas folhas recebe um número que é constituído pelo número da folha da carta 1/10 000 a que pertence, de acordo com a figura.

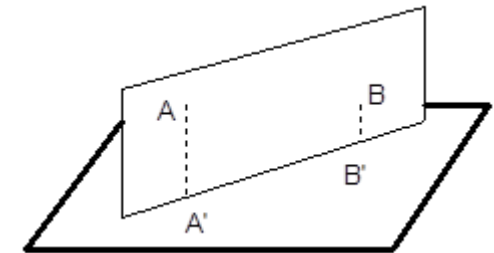
Exemplo: 349-1-43

11	12	13	14	15
21	22	23	24	25
31	32	33	34	35
41	42	43	44	45
51	52	53	54	55

# Direções de referência - Tipos de Norte

## Direção azimutal definida por dois pontos

É a direção definida, sobre o plano horizontal de referência, pelo traço do plano vertical que passa por dois pontos.

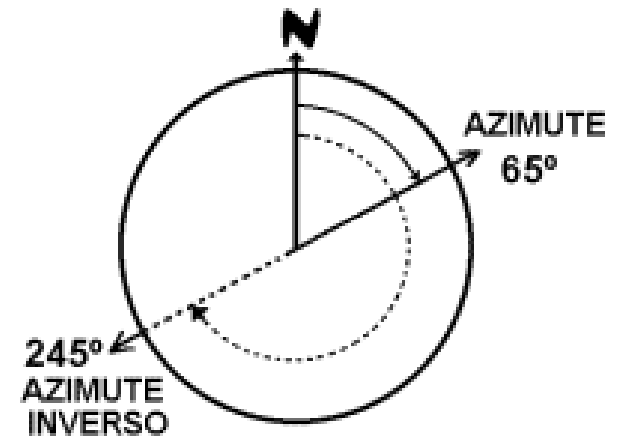


## Ângulo azimutal

É o ângulo definido por duas direções azimutais, sendo, conseqüentemente, um ângulo que existe sobre o plano horizontal.

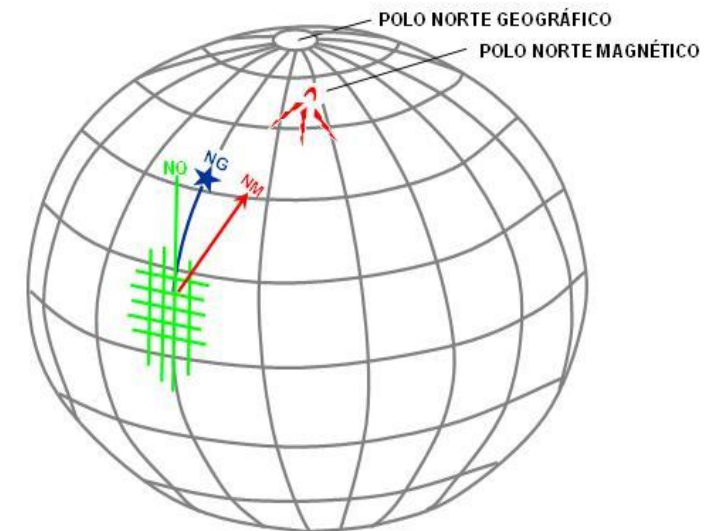
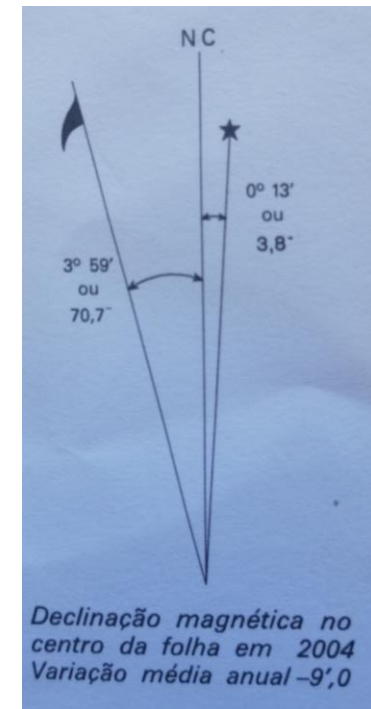
## Azimute

É um ângulo azimutal orientado, relativamente a uma direção de referência. Para orientar o ângulo, toma-se uma das direções azimutais como direção de referência, sendo o ângulo medido no sentido horário.



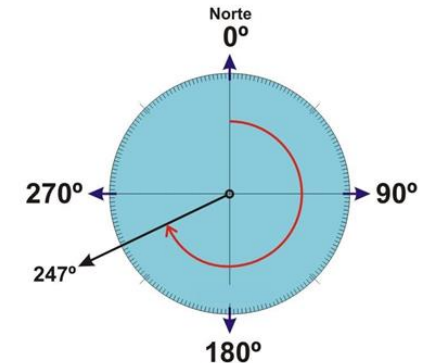
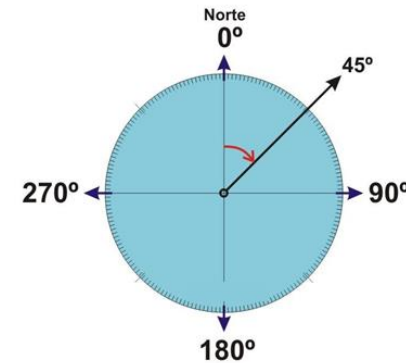
# Direções de referência - Tipos de Norte

Direções de Referência	
<b>Norte Geográfico ou Verdadeiro</b>	Os meridianos sobre o elipsóide contêm simultaneamente o Pólo Norte e o Pólo Sul geográficos: trata-se dos pólos do eixo de rotação. Conseqüentemente, as transformadas dos meridianos representadas na carta indicam a direção do Norte Geográfico ou Norte Verdadeiro.
<b>Norte Cartográfico</b>	As linhas da quadrícula paralelas à Meridiana, como vimos, não coincidem, em geral, com as transformadas dos meridianos. A direção dessas linhas da quadrícula é a direção do Norte Cartográfico, que varia com o sistema de projeção cartográfica utilizado.
<b>Norte Magnético</b>	As linhas de força do campo magnético terrestre, ao longo das quais se orientam as agulhas magnéticas, definem a direção do Norte Magnético. Sobre a carta, a direção do Norte Magnético num ponto será a projeção sobre o plano da carta da tangente à linha de força do campo magnético nesse ponto.



# Direções de referência - Tipos de Norte

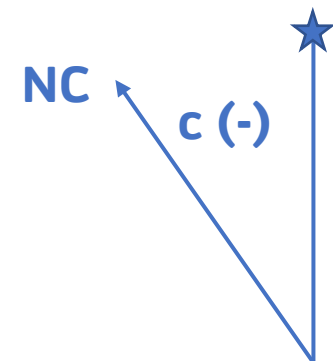
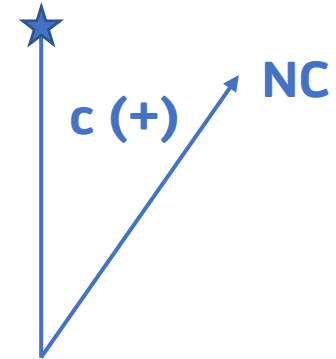
Azimutes	
<b>Azimute Geográfico ou Verdadeiro</b>	Ângulo azimutal orientado relativamente à direção do Norte Geográfico ou Verdadeiro.
<b>Azimute Cartográfico ou Rumor</b>	Ângulo azimutal orientado relativamente à direção do Norte Cartográfico.
<b>Azimute Magnético</b>	Ângulo azimutal orientado relativamente à direção do Norte Magnético.
Os azimutes contam-se no sentido horário e a partir do Norte.	



# Direções de referência - Tipos de Norte

## Convergência de Meridianos (c)

- É o ângulo definido pelas direções do Norte Geográfico e do Norte Cartográfico.
- É medida a partir do Norte Geográfico, positivamente para Leste, ou seja, positivamente no sentido horário.
- A convergência de meridianos varia de ponto para ponto, crescendo em valor absoluto à medida que nos afastamos da Meridiana.





# Direções de referência - Tipos de Norte

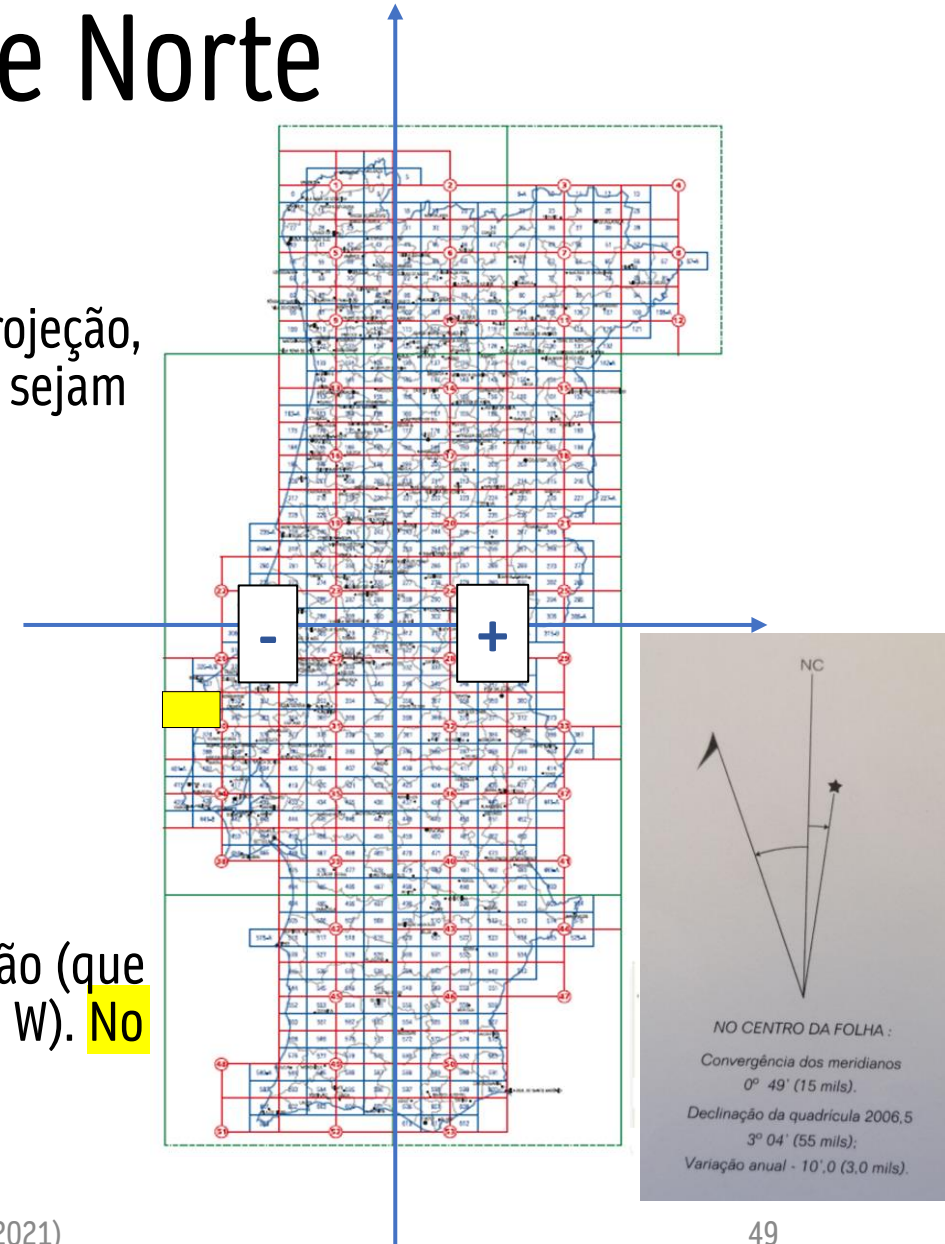
## Convergência de Meridianos (c)

O valor da convergência de meridianos num dado ponto, para cada projeção, pode ser calculado através de fórmulas aproximadas, conhecidas que sejam as coordenadas geodésicas desse ponto ( $\phi$ ,  $\lambda$ ).

Para a projeção Transversa de Mercator (Gauss)

$$c_{Gauss} = (\lambda - \lambda_0) \cdot \sin \frac{(\phi + \phi_0)}{2}$$

sendo ( $\phi_0$ ,  $\lambda_0$ ) as coordenadas geodésicas do ponto-origem da projeção (que no caso de Portugal continental são 39° 40' 05.73" N e 08° 07' 59.19" W). **No caso da folha 30-A (a amarelo) da carta da DGT à escala 1:50 000, a convergência apresenta um valor negativo.**



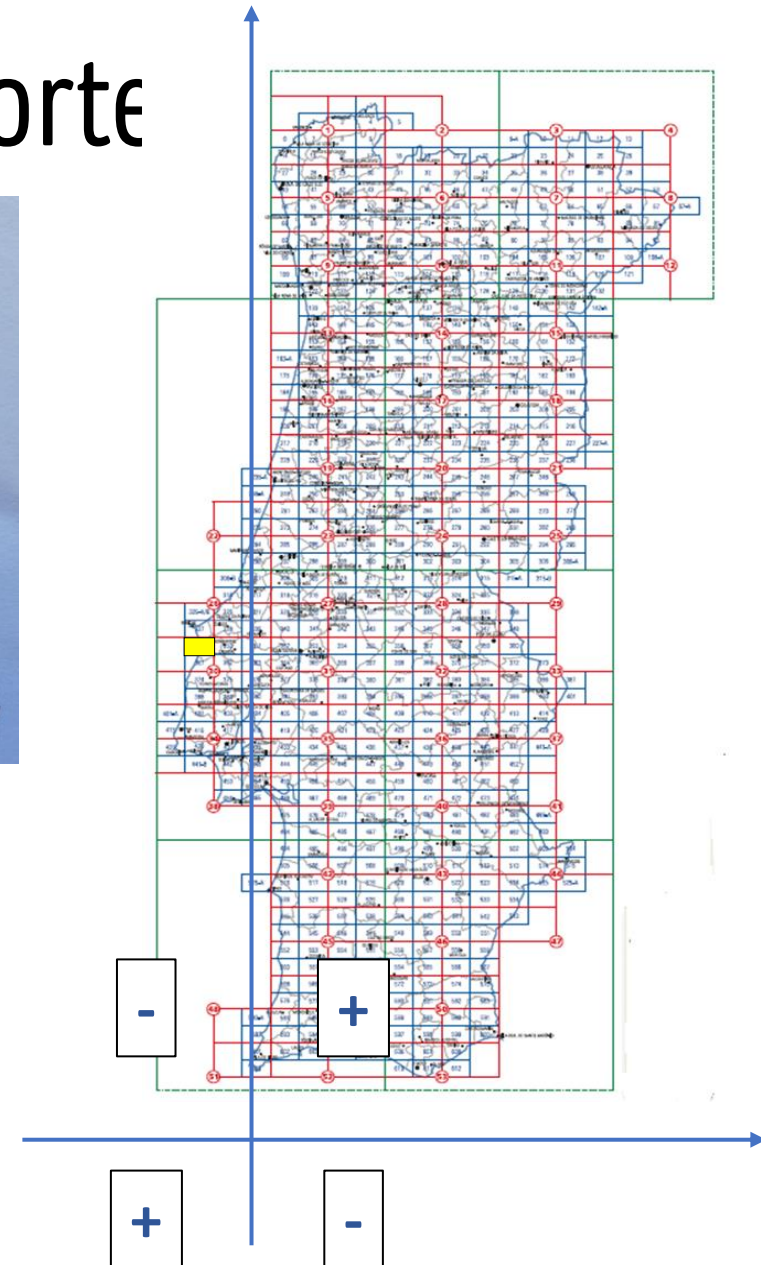
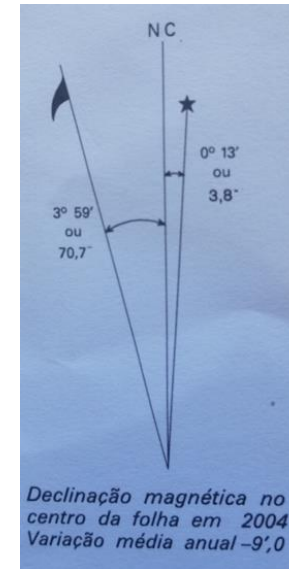
# Direções de referência - Tipos de Norte

Para a projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)

$$c_{UTM} = (\lambda - \lambda_0) \cdot \sin \phi$$

sendo  $(\phi_0, \lambda_0)$  as coordenadas geodésicas do ponto-origem da projeção, correspondendo à latitude do equador,  $\phi_0 = 0^\circ$ , e à longitude do meridiano central de cada fuso.

No caso de Portugal continental – Fuso 29 – a longitude do meridiano central é  $\lambda_0 = 9^\circ \text{ W}$ . No caso da folha 349 (a amarelo) da carta do CIGeoE à escala 1:25 000, a convergência apresenta um valor negativo.



# Direções de referência - Tipos de Norte

## Declinação Magnética ( $\delta$ )

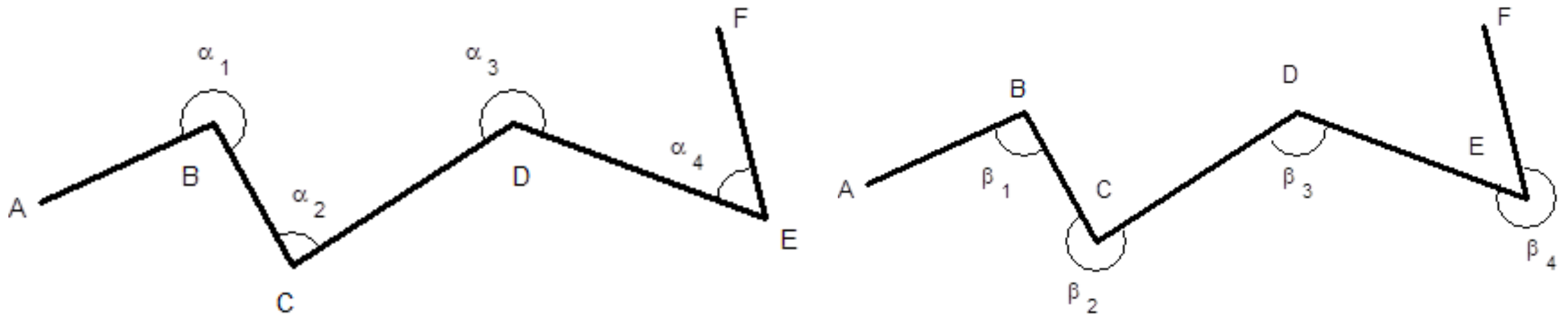
- É o ângulo definido pelas direções do Norte Geográfico e do Norte Magnético.
- É medida a partir do Norte Geográfico, positivamente para Leste (no sentido horário).
- Uma declinação positiva significa que o Norte Magnético se encontra a Leste do Norte Geográfico; chama-se por isso "Declinação Leste". Inversamente, uma declinação negativa significa que o Norte Magnético se encontra a Oeste do norte Geográfico, e chama-se "Declinação Oeste".



# Transporte de Rumos

Numa linha poligonal, ao longo da qual se define um sentido de progressão, podemos considerar dois tipos de ângulos azimutais. Consideremos a linha poligonal A-B-C-D-E-F, sendo o sentido de progressão de A para F.

O ângulo azimutal considerado em B tanto pode ser o ângulo  $\alpha_1 \equiv A\hat{B}C$  ou  $\beta_1 \equiv C\hat{B}A$ . Aos ângulos  $\alpha_i$  do primeiro tipo chamamos **ângulos rodados para a frente**, já que seguem o sentido de progressão da poligonal; aos ângulos  $\beta_i$  do segundo tipo chamamos **ângulos rodados para trás**. Note-se que ao considerarmos ângulos orientados, eles são-no sempre no **sentido horário**.



# Transporte de Rumos

## Ângulos azimutais rodados para a frente

$$R_{BC} = R_{AB} + \alpha_1 - 180^\circ$$

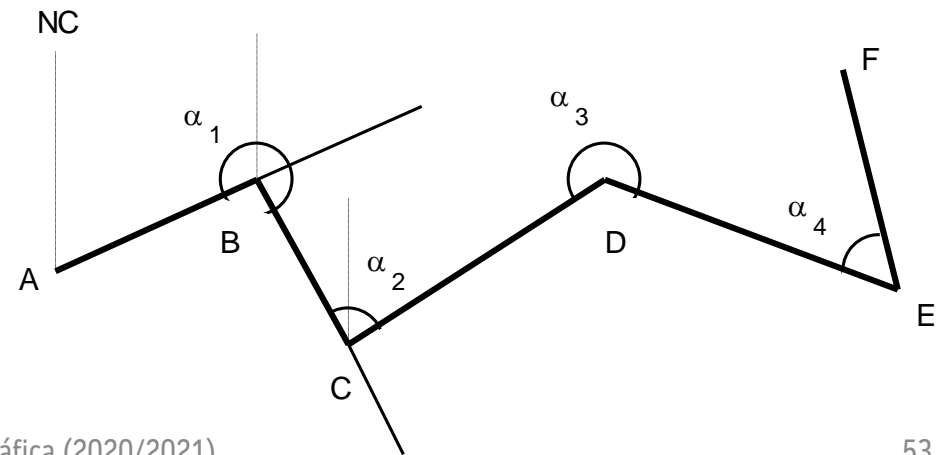
$$R_{CD} = R_{BC} + \alpha_2 - 180^\circ = R_{AB} + \alpha_1 - 180 + \alpha_2 - 180^\circ = R_{AB} + \alpha_1 + \alpha_2 - 2 \times 180^\circ$$

$$R_{DE} = R_{CD} + \alpha_3 - 180^\circ = R_{AB} + \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 - 3 \times 180^\circ$$

$$R_{EF} = R_{DE} + \alpha_4 - 180^\circ = R_{AB} + \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 - 4 \times 180^\circ$$

Chamando  $l_1$  ao primeiro lado, de rumo conhecido, podemos escrever assim a expressão geral:

$$R_{l_n} = R_{l_1} + \sum_{i=1}^{n-1} \alpha_i - (n - 1) \times 180^\circ$$



# Transporte de Rumos

## Ângulos azimutais rodados para a trás

$$R_{BC} = R_{AB} - \beta_1 + 180^\circ$$

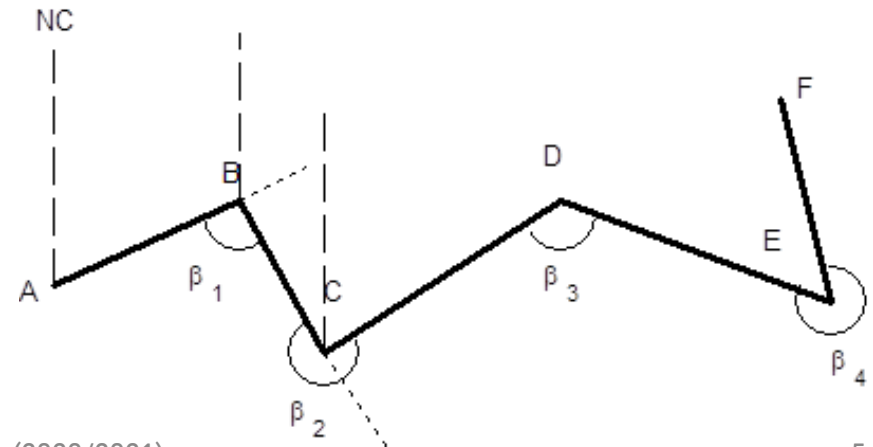
$$R_{CD} = R_{BC} - \beta_2 + 180^\circ = R_{AB} - \beta_1 + 180 - \beta_2 + 180^\circ = R_{AB} - \beta_1 - \beta_2 + 2 \times 180^\circ$$

$$R_{DE} = R_{CD} - \beta_3 + 180^\circ = R_{AB} - \beta_1 - \beta_2 - \beta_3 + 3 \times 180^\circ$$

$$R_{EF} = R_{DE} - \beta + 180^\circ = R_{AB} - \beta_1 - \beta_2 - \beta_3 - \beta_4 + 4 \times 180^\circ$$

Chamando  $l_1$  ao primeiro lado, de rumo conhecido, podemos escrever assim a expressão geral:

$$R_{l_n} = R_{l_1} - \sum_{i=1}^{n-1} \beta_i + (n - 1) \times 180^\circ$$



# Transporte de Rumos

## Nota:

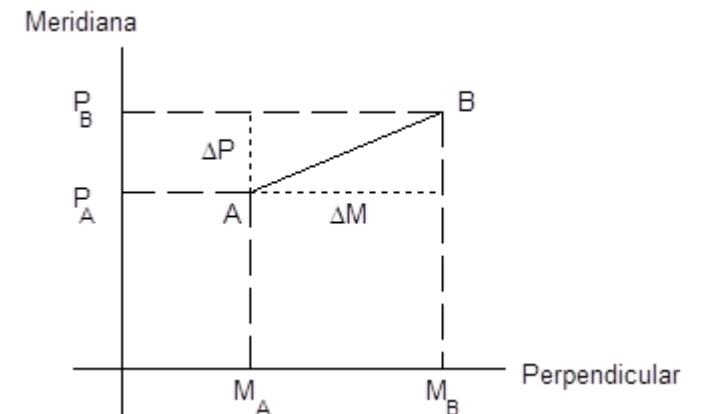
A aplicação destas expressões a figuras poligonais fechadas pode conduzir a valores de rumos superiores a  $360^\circ$  ou negativos. Nestes casos, obviamente, há que proceder às devidas conversões: no primeiro caso há que subtrair  $360^\circ$ , e no segundo caso há que somar  $360^\circ$  ao valor obtido.

# Transporte de Coordenadas Planimétricas

Conhecidas as coordenadas planimétricas M e P de um ponto A, é possível determinar as coordenadas planimétricas de um outro ponto B. Vejamos então quais os elementos que é necessário conhecer para que o problema tenha solução.

$$\Delta M = M_B - M_A = \overline{AB} \times \sin R_{AB} \equiv M_B = M_A + \overline{AB} \times \sin R_{AB}$$

$$\Delta P = P_B - P_A = \overline{AB} \times \cos R_{AB} \equiv P_B = P_A + \overline{AB} \times \cos R_{AB}$$



Logo, para efetuar o transporte de coordenadas planimétricas entre dois pontos, é necessário conhecer a distância horizontal entre eles, bem como o rumo da direção por eles definida.



# Transporte de Coordenadas Planimétricas

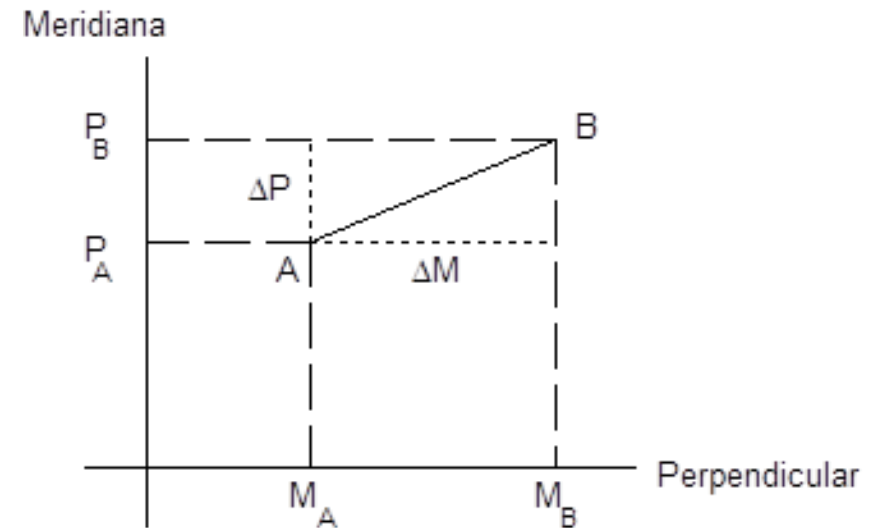
## Cálculo da distância horizontal

- Dadas as coordenadas dos pontos A e B:

$$\overline{AB} = \sqrt{(M_B - M_A)^2 + (P_B - P_A)^2} = \sqrt{(\Delta M)^2 + (\Delta P)^2}$$

- Dados o rumo da direção e as coordenadas

$$\overline{AB} = \frac{M_B - M_A}{\sin R_{AB}} = \frac{\Delta M}{\sin R_{AB}} \text{ ou } \overline{AB} = \frac{P_B - P_A}{\cos R_{AB}} = \frac{\Delta P}{\cos R_{AB}}$$



# Transporte de Coordenadas Planimétricas

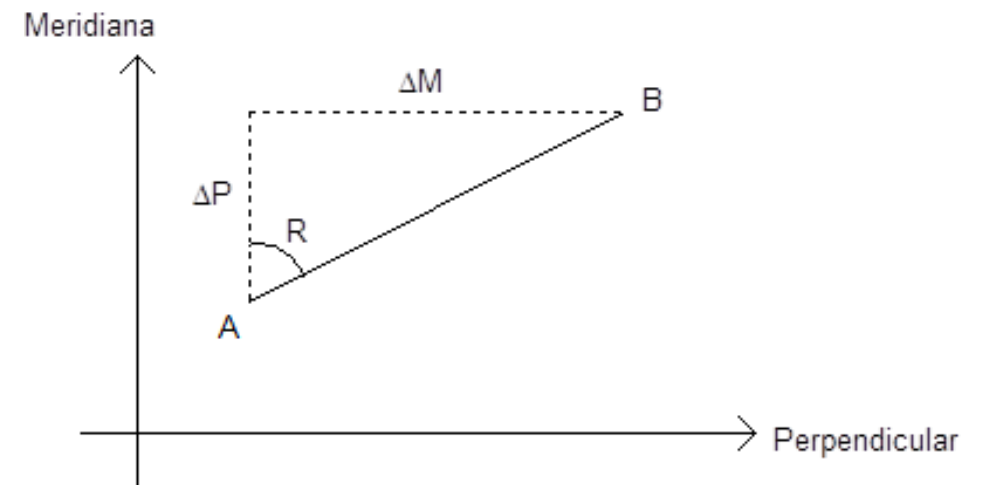
## Rumo de uma direção

- Dadas as coordenadas dos pontos A e B:

$$\frac{M_B - M_A}{\sin R_{AB}} = \frac{P_B - P_A}{\cos R_{AB}} \equiv \tan R_{AB} = \frac{M_B - M_A}{P_B - P_A} \equiv$$

$$R_{AB} = \text{atan} \frac{M_B - M_A}{P_B - P_A}$$

Para um rumo do 1º quadrante a solução é simples.



# Transporte de Coordenadas Planimétricas

## Rumo de uma direção – Estudo do quadrante

- Primeiro quadrante ( $M_A = 50$  km,  $P_A = 25$  km;  $M_B = 57$  km,  $P_B = 35$  km)

$$R_{AB} = \operatorname{atan} \frac{M_B - M_A}{P_B - P_A} = \operatorname{atan} \frac{57 - 50}{35 - 25} = \operatorname{atan} \frac{7}{10} \approx 35^\circ$$

- Segundo quadrante ( $M_A = 50$  km,  $P_A = -25$  km;  $M_B = 57$  km,  $P_B = -35$  km)

$$R_{AB} = \operatorname{atan} \frac{M_B - M_A}{P_B - P_A} = \operatorname{atan} \frac{57 - 50}{(-35 + 25)} = \operatorname{atan} \frac{7}{-10} \approx -35^\circ + 180^\circ \approx 145^\circ$$

- Terceiro quadrante ( $M_A = -50$  km,  $P_A = -25$  km;  $M_B = -57$  km,  $P_B = -35$  km)

$$R_{AB} = \operatorname{atan} \frac{M_B - M_A}{P_B - P_A} = \operatorname{atan} \frac{(-57 + 50)}{(-35 + 25)} = \operatorname{atan} \frac{7}{10} \approx 35^\circ + 180^\circ \approx 215^\circ$$

- Quarto quadrante ( $M_A = -50$  km,  $P_A = 25$  km;  $M_B = -57$  km,  $P_B = 35$  km)

$$R_{AB} = \operatorname{atan} \frac{M_B - M_A}{P_B - P_A} = \operatorname{atan} \frac{(-57 + 50)}{35 - 25} = \operatorname{atan} \frac{-7}{10} \approx -35^\circ + 360^\circ \approx 325^\circ$$

