

CONVERSÕES DE SISTEMAS DE COORDENADAS NACIONAIS PARA ETRS89 UTILIZANDO GRELHAS

José Alberto Gonçalves

jagoncal@fc.up.pt



Motivação

- Adopção de um novo sistema de coordenadas (PT-TM06) baseado no datum ETRS89.
- Necessidade de conversão de dados noutros sistemas, com precisão adequada para as grandes escalas.
- Métodos baseados em interpolação sobre grelhas disponibilizados pela generalidade dos programas de SIG.
- Vários países já adoptaram este método.
- O IGP disponibiliza coordenadas dos vértices geodésicos de 1ª e 2ª ordem nos diferentes sistemas.

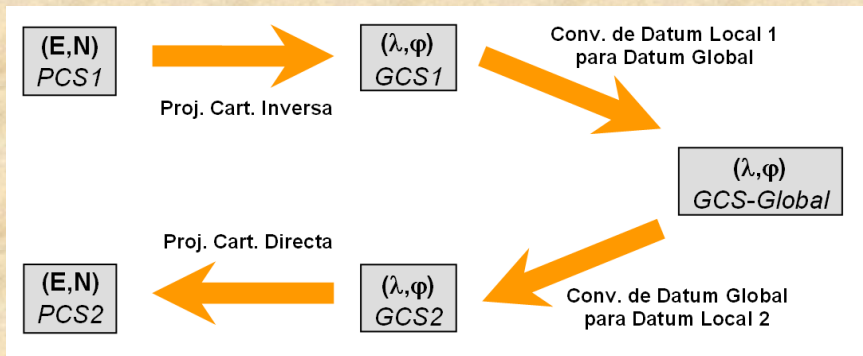


VI Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia - 6 a 8 Maio 2009



Conversão geral entre sistemas de coordenadas

Duas projecções e duas conversões de datum (de e para global):



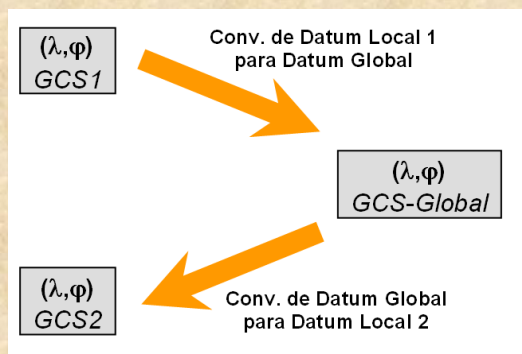
VI Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia - 6 a 8 Maio 2009



Conversão geral entre sistemas de coordenadas

Duas projecções e duas conversões de datum (de e para global):

Só são abordadas as conversões entre sistemas de coordenadas geográficas (mudança de datum).



VI Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia - 6 a 8 Maio 2009



Situação actual em Portugal

- ❑ **Necessidade de conversão de muita Informação Geográfica armazenada em sistemas nacionais (datum 73 ou datum Lisboa) para o novo sistema de coordenadas PT-TM06, baseado no datum ETRS89.**
- ❑ **Programas de processamento de IG incluem para Portugal apenas as transformações de datum pelos métodos:**
 - 7 parâmetros (Bursa-Wolf)
 - 3 parâmetros (Molodensky)
- com os parâmetros nacionais.**
- ❑ **Precisão não é adequada para muitas aplicações.**

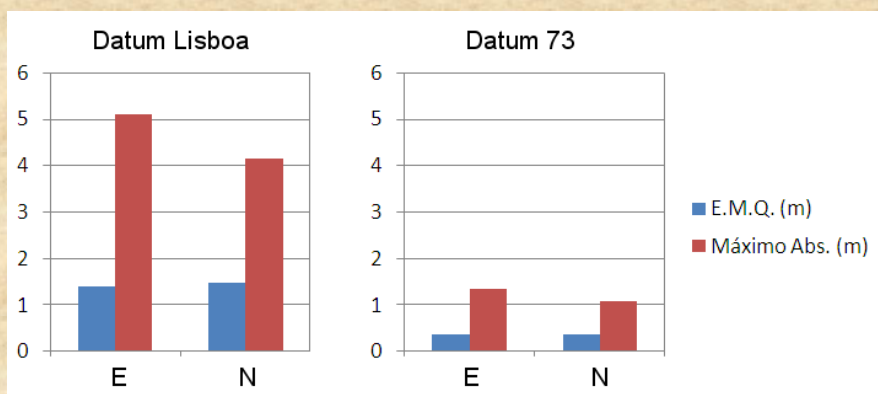


VI Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia - 6 a 8 Maio 2009



Erros nas transformações ETRS89 para DLX e D73

Fonte: IGP



Transformação de 7 parâmetros (Bursa-Wolf)

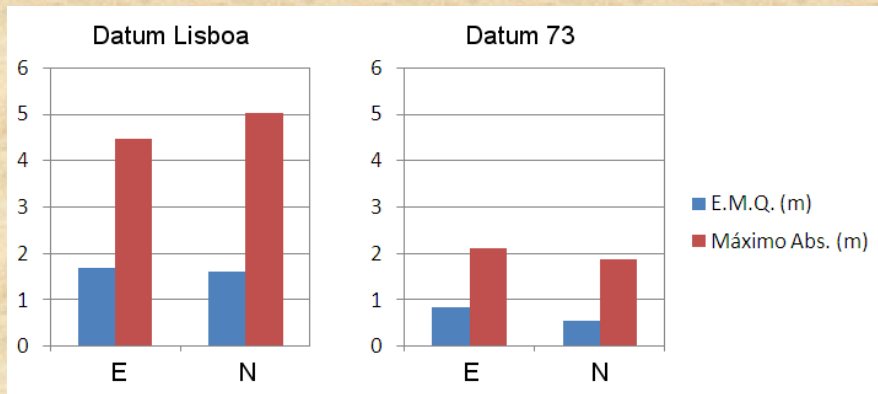


VI Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia - 6 a 8 Maio 2009



Erros nas transformações ETRS89 para DLX e D73

Fonte: IGP



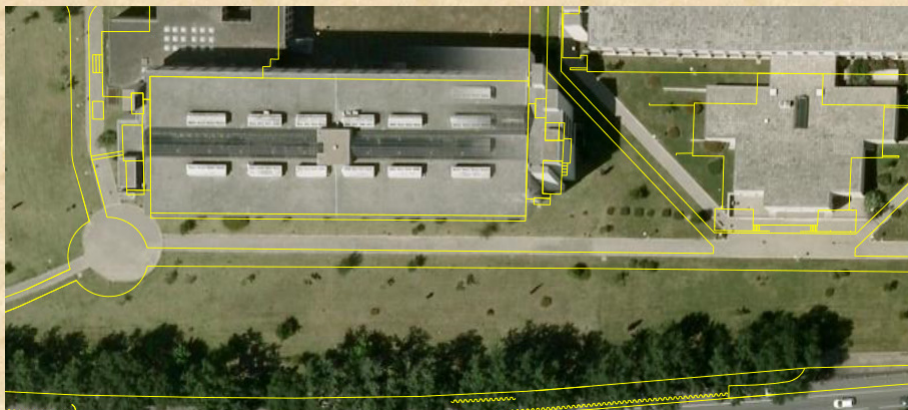
Transformação de 3 parâmetros (Molodensky)



VI Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia - 6 a 8 Maio 2009



Problemas com grandes escalas



Planta topográfica de escala 1:1000 convertida para o Google Earth. O fundo é constituído por ortofotos com resolução muito alta. O erro (cerca de 3 m) está na geo-referenciação do ortofoto. Provavelmente terá sido na conversão de um sistema nacional para WGS84.



VI Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia - 6 a 8 Maio 2009



Alternativas – transformações polinomiais

Transformações polinomiais:

Polinómios de 2º ou 3º grau conseguem bom resultado no caso do datum 73 (RMS < 10 cm, EMAX < 40 cm).

PROBLEMAS

1 - No caso do datum Lisboa resultados são bastante piores.

2 - Este método não é implementado pela generalidade dos programas de IG.

Interpolações locais

Vantagem em relação aos métodos de ajuste globais. Aplicação no software não é imediata ou sistemática.



VI Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia - 6 a 8 Maio 2009



Alternativas - Grelhas

- Método de interpolação com grelhas de diferenças de coordenadas é usado há bastante tempo na América do Norte (Canadá e EU) para conversão de NAD27 para NAD83.

Outros países adoptaram recentemente este método (Nova Zelândia, Austrália, Espanha, UK,).

- É implementado em diversos programas de processamento de informação geográfica. Formato de grelhas GSB é o standard mais utilizado por pacotes de software comercial e open-source:

ArcGIS, Geomedia, Manifold, ...

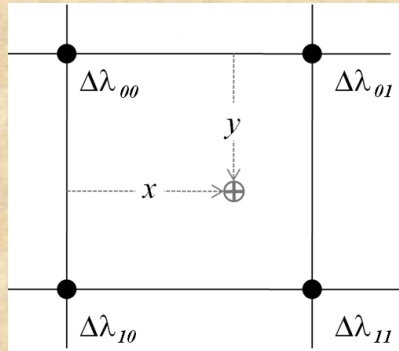
PROJ.4, FWTools, GVSIG, ...



VI Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia - 6 a 8 Maio 2009



Alternativas - Grelhas



Dadas as grelhas de diferenças de longitude e latitude é usada a interpolação bi-linear para calcular o valor das diferenças em qualquer outro ponto.

Computacionalmente muito menos pesado que os métodos tradicionais.

$$\Delta\lambda_{xy} = \Delta\lambda_{00} + (\Delta\lambda_{01} - \Delta\lambda_{00}) \cdot x + (\Delta\lambda_{10} - \Delta\lambda_{00}) \cdot y + (\Delta\lambda_{11} - \Delta\lambda_{10} - \Delta\lambda_{01} + \Delta\lambda_{00}) \cdot x \cdot y$$

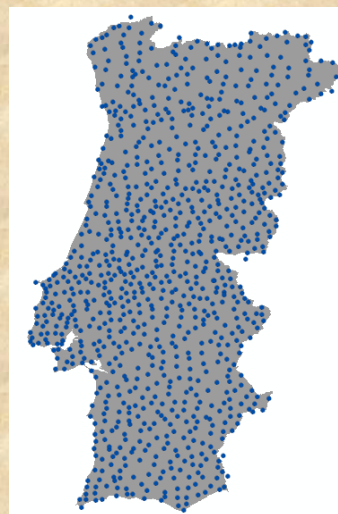


VI Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia - 6 a 8 Maio 2009



Determinação de grelhas para Portugal

- O IGP fornece as coordenadas ETRS89 de cerca de 940 pontos das redes de 1ª e 2ª ordem (assim como nos sistemas cartográficos antigos).
- São calculadas as diferenças de longitude e latitude (ETRS89 – Datum local).
- É aplicada uma técnica de interpolação espacial.
- Escolheu-se o espaçamento das grelhas de 0.1 graus.



VI Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia - 6 a 8 Maio 2009



Determinação de grelhas para Portugal

Exemplo: VG Cabreira

Datum73 (projectadas)

E = 7488.375 m
N = 218847.838 m

Datum 73 (Geográficas)

$\lambda = 8^{\circ} 02' 39.12428''$ W
 $\varphi = 41^{\circ} 38' 17.24431''$ N

ETRS89 (Geográficas)

$\lambda = 8^{\circ} 02' 35.83028''$ W
 $\varphi = 41^{\circ} 38' 20.28127''$ N

Diferenças

$\Delta\lambda = 3.29400''$
 $\Delta\varphi = 3.03694''$

Nota: 4 pontos não foram considerados por terem diferenças muito discordantes dos pontos vizinhos



VI Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia - 6 a 8 Maio 2009



Determinação de grelhas para Portugal

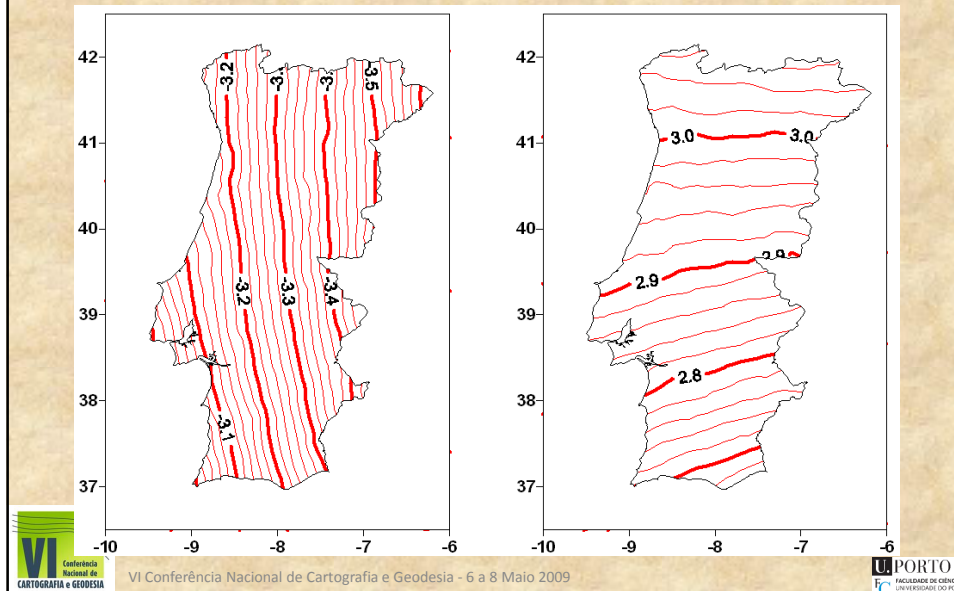
- Foram geradas grelhas com espaçamento de 0.1 graus, aplicando os métodos:
 - TIN + Interpolação linear
 - Kriging
- No caso do kriging foram experimentadas diferentes opções para a geração das grelhas.
- Diferenças entre grelhas geradas pelas várias abordagens são de dimensão muito pequena (da ordem da décima milésima de segundo, i.e. da ordem do cm).
- Método de geração é praticamente indiferente porque as funções têm um comportamento praticamente linear num raio de algumas dezenas de quilómetros.



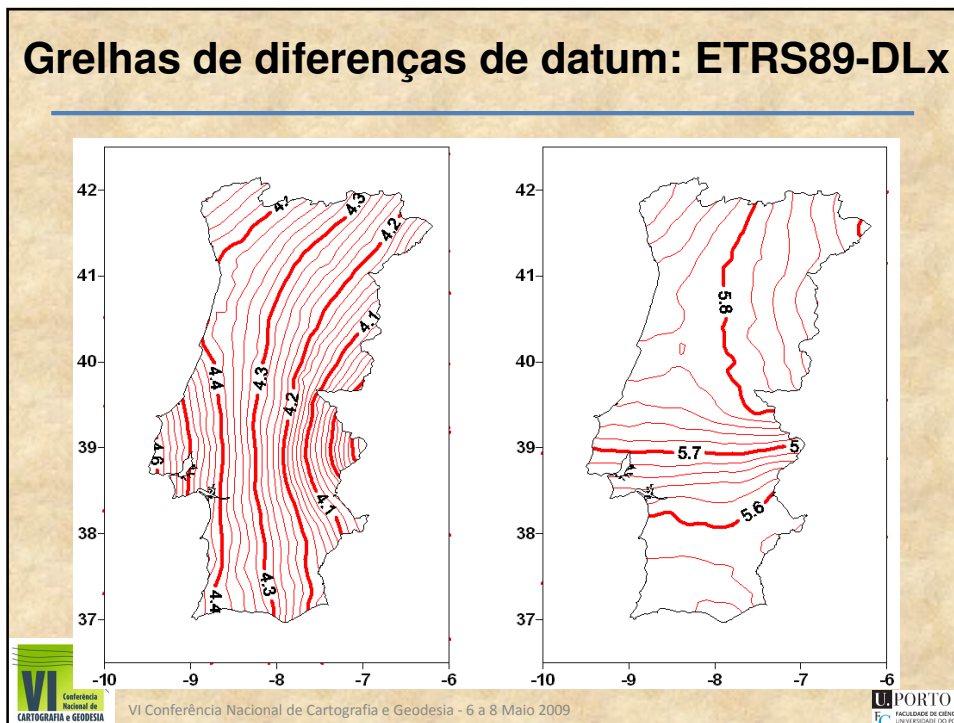
VI Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia - 6 a 8 Maio 2009



Grelhas de diferenças de datum: ETRS89-D73



Grelhas de diferenças de datum: ETRS89-DLx



Avaliação da exactidão das grelhas

- Avaliação dos erros de transformação nos pontos utilizados na geração das grelhas (não é independente). Erros resultam essencialmente do espaçamento da grelha não ser nulo.

	Datum Lisboa		Datum 73	
	e-Long (m)	e-Lat (m)	e-Long (m)	e-Lat (m)
Média	0.001	0.000	0.001	0.000
Desvio padrão	0.057	0.057	0.034	0.031
Mínimo	-0.358	-0.285	-0.250	-0.178
Máximo	0.411	0.589	0.141	0.145



VI Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia - 6 a 8 Maio 2009



Avaliação da exactidão das grelhas

- Cerca de 150 pontos da rede de 3ª ordem (não considerados na geração das grelhas) foram entretanto disponibilizados e usados como pontos de verificação. As estatísticas dos erros são as seguintes:

	Datum Lisboa		Datum 73	
	e-Long (m)	e-Lat (m)	e-Long (m)	e-Lat (m)
Média	-0.005	0.004	0.004	-0.008
Desvio padrão	0.073	0.087	0.052	0.047
Mínimo	-0.336	-0.391	-0.387	-0.318
Máximo	0.314	0.479	0.228	0.267



VI Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia - 6 a 8 Maio 2009



Avaliação da exactidão das grelhas

- Finalmente foram usados na verificação os cerca de 8230 pontos da rede (até 3ª ordem) para uma transformação simultânea entre coordenadas projectadas datum Lisboa e datum 73. Estatísticas dos erros encontrados:

	e-M (m)	e-P (m)
Média	-0.011	-0.002
Desvio padrão	0.061	0.064
Mínimo	-1.091	-1.429
Máximo	0.775	0.661



VI Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia - 6 a 8 Maio 2009



Implementação

- Grelhas foram convertidas para formato GSB

Junkins D., Farley, S., 1995. National Transformation Version 2 - NTV2 User's Guide. Natural Resources Canada, Geodetic Survey Division

- Podem ser incluídas em vários programas. Dados disponibilizados com instruções em:
<http://www.fc.up.pt/pessoas/jagoncal/coordenadas/>

Conversão de coordenadas cartográficas e geográficas usando grelhas de transformação de datum

- Grelhas no formato NTV2
- Conversão de coordenadas com o programa CS2CS (PROJ4)
- Interface gráfica para o programa CS2CS
- Conversão de ficheiros verticais com o programa OGR2OGR
- Configuração da transformação no ArcGIS (versões 9.2 e 9.3) e outros programas

1. Grelhas no formato NTV2

As conversões de datum, entre um datum local e um datum global, são frequentemente efectuadas pela transformação de Bursa-Wolf. Usando em translação, rotação e escala sobre coordenadas cartesianas geocéntricas. Essas transformações são aproximadas, frequentemente envolvendo erros de alguns metros, não incluindo deformações da rede geodésica, que define o sistema local. Com a existência de grande número de pontos da rede geodésica observados com GPS torna-se possível a determinação de diferenças de coordenadas geográficas entre o datum local e o datum global por processos de interpolação local.

No caso português estão disponíveis coordenadas (GCP) de mais de 900 pontos das redes de 1ª e 2ª ordem no sistema ETRS89 e nos vários datums locais (Datum 73, Datum Lisboa, Datum Europeu 1950). É possível determinar grelhas de diferenças de longitude e latitude por métodos de interpolação. As figuras 1 e 2 representam respectivamente as diferenças entre o Datum 73 e ETRS89 e as diferenças entre o Datum Lisboa e ETRS89.

Para mais informações sobre a conversão, consulte a seguinte página: <http://www.fc.up.pt/pessoas/jagoncal/coordenadas/>



VI Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia - 6 a 8 Maio 2009



Implementação em PROJ.4 / FWTools

- Podem ser incorporadas no programa CS2CS (library PROJ.4), associadas a projecções cartográficas:

```
cs2cs +ellps=GRS80 +proj=latlong +to
+ellps=intl +proj=latlong
+nadgrids=ptd73.gsb
```

- Configurações podem ser guardadas num ficheiro associadas a um código (como nos códigos EPSG). Conversões de formato no FWTools:

```
OGR2OGR -f "ESRI Shapefile"
-s_srs "+init=pt:d73hg +wktext"
-t_srs "+init=pt:pttm06 +wktext"
caop_pttm06.shp caop_d73.shp
```



VI Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia - 6 a 8 Maio 2009



Interface gráfico em Tcl/Tk

- Interface gráfico escrito em Tcl/Tk para criar e correr linhas de comando PROJ para os sistemas nacionais (versão ponto a ponto e versão para ficheiros de texto):

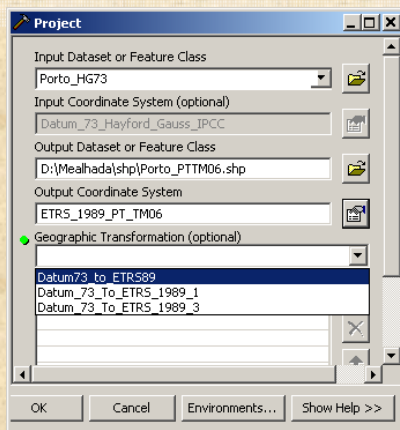
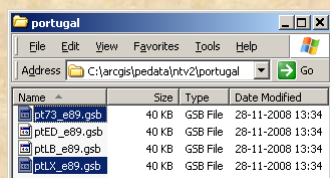


VI Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia - 6 a 8 Maio 2009



Configuração em ArcGIS

- ❑ A partir da versão 9.2 é possível a criação de uma “geographic transformation” do utilizador. Entre vários métodos existe o Ntv2. O utilizador deverá colocar os ficheiros GSB numa pasta de configuração:



VI Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia - 6 a 8 Maio 2009



Conclusões

- ❑ Grelhas criadas permitem conversões de coordenadas dos data nacionais para o datum ETRS89 com uma precisão muito superior aos métodos usados habitualmente (EMQ: 5 cm para D73 e 8 cm para DLx).
- ❑ Adequada para informação geográfica associada a escalas cartográficas grandes.
- ❑ Pode ser implementado na generalidade dos pacotes de software comercial e open-source.
- ❑ Em contactos com a ESRI foi sugerida a inclusão das grelhas para Portugal numa próxima versão do ArcGIS (Versão 9.3 já inclui grelha para Espanha).



VI Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia - 6 a 8 Maio 2009

