

Coimbra
4 de Maio de 2010

O SISTEMA DE COORDENADAS PT-TM06

João Agria Torres
Associação Internacional de Geodesia
(jatorres@iol.pt)

International Association of Geodesy
... advancing geodesy ...

Maio 4, 2010 Coimbra

1- Requisitos actuais para a georreferenciação

CONTEÚDO DA NORMA ISO 19111

ISO 19111 – SPATIAL REFERENCING BY COORDINATES

- ▶ **ESQUEMA CONCEPTUAL**
- ▶ **DESCRIÇÃO DE SISTEMAS DE REFERÊNCIA COORDENADOS**
- ▶ **OPERAÇÕES SOBRE COORDENADAS:**
 - ▶ **CONVERSÃO**
 - ▶ **TRANSFORMAÇÃO**

DESENVOLVIDA PELA COMISSÃO TÉCNICA ISO TC211
GEOGRAPHIC INFORMATION / GEOMATICS
(EM PORTUGAL, COMISSÃO TÉCNICA 134)

Maio 6, 2010 Coimbra

O SISTEMA DE COORDENADAS PT-TM06/ETRS89

CONTEÚDO

- ▶ **Requisitos actuais para a georreferenciação:**
Normas ISO 19100, Directiva INSPIRE
- ▶ **Iniciativas globais e regionais: AIG, EUREF**
- ▶ **Sistemas geodésicos de referência globais e Europeus:**
ITRS (WGS84), ETRS89
- ▶ **Realização dos sistema geodésicos de referência:**
ITRF, ETRF
- ▶ **O sistema de georreferenciação PT-TM06**
- ▶ **Conclusões**

Maio 4, 2010 Coimbra

6.2 UML model for spatial referencing by coordinates — Overview

The specification for spatial referencing by coordinates is defined in this International Standard in the form of a UML model with supplementary text. The UML model contains five primary UML packages, as shown in Figure 4. Each box represents a package, and contains the package name. Each arrowed line shows the dependency (at the head of the arrow) of one package upon another package.

```

    graph TD
      CRSPackage[Coordinate Reference Systems] --> COPackage[Coordinate Operations]
      CRSPackage --> CSpackage[Coordinate Systems]
      CRSPackage --> IOpackage[Identified Objects]
      Datums[Datums] --> IOpackage
      CSpackage --> IOpackage
  
```

Figure 4 — UML model packages and dependencies

The five UML packages for spatial referencing by coordinates are more completely specified in the Clauses 7 through 11. Further context for the requirements for Clauses 7 through 11 is given in Annex B and some geodetic concepts underpinning spatial referencing by coordinates are given in Annex C. Examples illustrating how this International Standard can be applied when defining a coordinate reference system or a coordinate operation are given in Annex D. Recommendations for referencing to classes defined in this International Standard are given in Annex E.

© ISO 2007 – All rights reserved 11

1- Requisitos actuais para a georreferenciação

GEORREFERENCIAÇÃO

LOCALIZAÇÃO DE OBJECTOS OU FENÓMENOS RELATIVAMENTE À TERRA

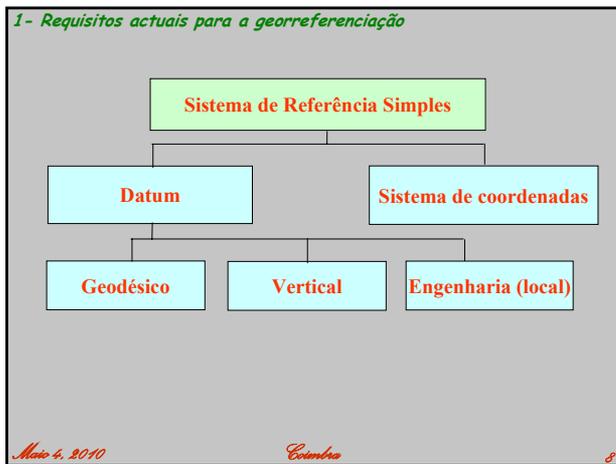
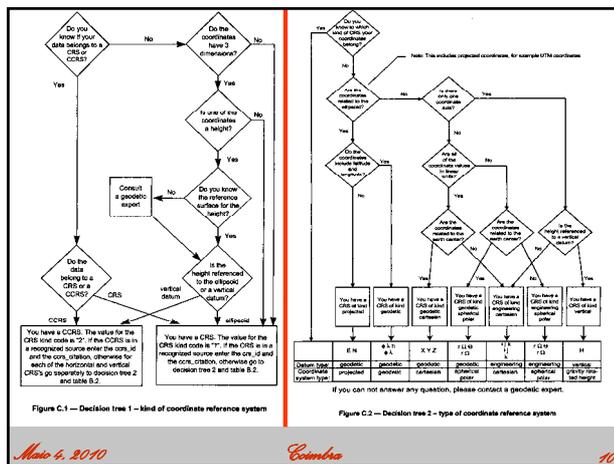
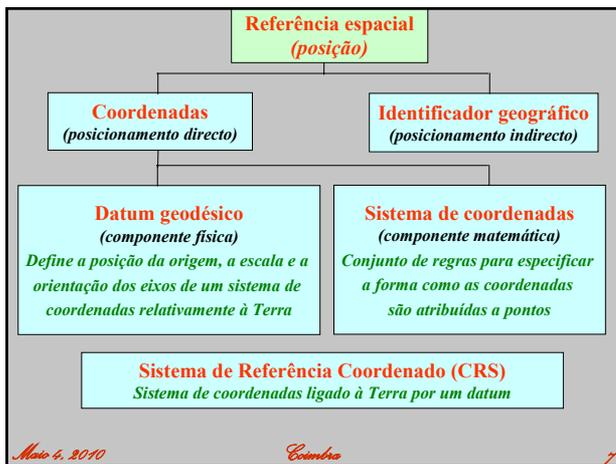
- **PROCESSOS DIRECTOS**
- **PROCESSOS INDIRECTOS**

PARA GEORREFERENCIAR É NECESSÁRIO DEFINIR UM SISTEMA DE REFERÊNCIA E TORNÁ-LO ACESSÍVEL AOS UTILIZADORES

Maio 4, 2010 Coimbra

ISO 19111:2007(E)

Figure 6 — SC.CoordinateReferenceSystem package



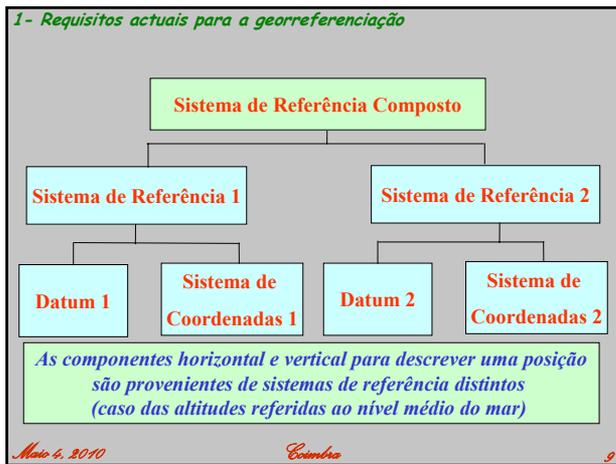
1- Requisitos actuais para a georreferenciação

Infrastructure for SPatial InfoRmation in Europe

ASPECTOS LEGAIS :

- A Directiva 2007/2/EC do Parlamento Europeu e do Conselho de 14 de Março de 2007 estabelecendo o INSPIRE foi publicada no Jornal Oficial em 25 de Abril de 2007
- A Directiva INSPIRE entrou em vigor em 15 de Maio de 2007 (http://inspire.jrc.it/directive/1_10820070425en00010014.pdf)

Maio 6, 2010 Coimbra 11



1- Requisitos actuais para a georreferenciação

ENFOQUE

- **infrastructure for spatial information**
 - metadata, spatial data sets and spatial data services
 - network services and technologies
 - agreements on sharing, access and use
 - coordination and monitoring mechanisms, processes and procedures, established, operated or made available in accordance with this Directive
- **spatial data**
 - any data with a direct or indirect reference to a specific location or geographical area

Maio 6, 2010 Coimbra 12

ANNEX I
SPATIAL DATA THEMES

1. Coordinate reference systems

Systems for uniquely referencing spatial information in space as a set of coordinates (x, y, z) and/or latitude and longitude and height, based on a geodetic horizontal and vertical datum.

2. Geographical grid systems

Harmonised multi-resolution grid with a common point of origin and standardised location and size of grid cells.

3. Geographical names

Names of areas, regions, localities, cities, suburbs, towns or settlements, or any geographical or topographical feature of public or historical interest.

Implementing Rules CRS

For the **three-dimensional** and **two-dimensional** (horizontal component), the European Terrestrial Reference System 1989 (**ETRS89**) shall be used for the areas within the geographical scope of ETRS89.

The International Terrestrial Reference System (**ITRS**) or other geodetic coordinate reference systems compliant with ITRS shall be used in areas that are outside the geographical scope of ETRS89.

ANNEX I
SPATIAL DATA THEMES

4. Administrative units

Units of administration, dividing areas where Member States have and/or exercise jurisdictional rights, for local, regional and national governance, separated by administrative boundaries.

5. Addresses

Location of properties based on address identifiers, usually by road name, house number, postal code.

6. Cadastral parcels

Areas defined by cadastral registers or equivalent.

Implementing Rules CRS

For the **vertical component on land**, the European Vertical Reference System (**EVRS**) shall be used to express gravity-related heights for the areas within the geographical scope of EVRS.

Other vertical reference systems related to the **Earth gravity field** shall be used to express gravity-related heights in areas that are outside the geographical scope of EVRS.

ANNEX I
SPATIAL DATA THEMES

7. Transport networks

Road, rail, air and water transport networks and related infrastructure. Includes links between different networks.

8. Hydrography

Hydrographic elements, including marine areas and all other water bodies and items related to them, including river basins and sub-basins.

9. Protected sites

Area designated or managed within a framework of international, Community and Member States' legislation to achieve specific conservation objectives.

Implementing Rules CRS

The mandated CRS is used for **any kind of information/resolution/accuracy**; the resolution and accuracy of data are out of scope of the theme CRS.

The **accuracy** of the data sets resulting from transformations and conversion formulas are **out of scope** of the theme CRS.

For **data sets with low positional accuracy**, the original CRS of the data set can sometimes be considered **equivalent** to the mandated CRS. It is recommended that the **data set provider consults the experts in the Member States (MS)** to evaluate the need to transform the data sets from the original CRS to the mandated CRS.

The **accuracy** of the data sets must be **documented by the data set provider according to all the aspects that contribute to it**, namely the original accuracy and the accuracy of the conversions, transformations and handling of data.

Implementing Rules CRS

There are themes for which data are expressed in **linear systems for the horizontal component** or on **non-length-based vertical systems like pressure, density, for the vertical component**. This kind of referencing is **parametric**.

In general the **referencing by parameters is out of scope** of the theme CRS. It is recommended to associate the parameters with the specific data according to **ISO 19111** (Part 2: Extension for parametric values).

Where **more general parametric reference systems** are used this is **out of scope**, but it is recommended that they should be appropriately specified and referenced.

There are themes that may require **temporal references**. Temporal reference systems are also **out of scope** of the theme CRS.

1- Requisitos actuais para a georreferenciação

DATA-CHAVE

~~– 15 de Maio de 2009~~

~~Aprovação das IR pelo INSPIRE Committee~~

– 14 de Dezembro de 2009

Aprovação das IR pelo INSPIRE Committee

<http://inspire-jrc.ec.europa.eu/index.cfm/pageid/2>

Implementing Rules CRS

For representation with plane coordinates one of the Lambert Azimuthal Equal Area (**ETRS89-LAEA**), the Lambert Conformal Conic (**ETRS89-LCC**) or the Transverse Mercator (**ETRS89-TMzn**) projection shall be used.

In the case the **map projections are defined internally**, they shall be well documented to allow the conversion to geographic coordinates and an identifier shall be created, according to **ISO 19111**.

1- Requisitos actuais para a georreferenciação

Draft **COMMISSION REGULATION** implementing Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council as regards interoperability of spatial data sets and services

[D00747402-en.doc](#)

[INSPIRE Specification on Coordinate Reference Systems](#)

[INSPIRE Specification on Geographical Grid Systems](#)

Implementing Rules CRS

For pan-European **spatial analysis and reporting**, where true area representation is required, the **ETRS89-LAEA** is recommended.

For **conformal pan-European mapping at scales smaller than or equal to 1:500,000**, the **ETRS89-LCC** is recommended.

For **conformal pan-European mapping at scales larger than 1:500,000**, the **Transverse Mercator ETRS89-TMzn** is recommended.

For the display, with the **View Service** specified in Regulation xxx/xx/EC [NS Regulation], of INSPIRE spatial data sets, **at least the coordinate reference systems for two-dimensional geodetic coordinates (latitude, longitude) shall be available**.

1- Requisitos actuais para a georreferenciação

Coordinate Reference Systems Concept

GEO-SPATIAL DATA SETS



1- Requisitos actuais para a georreferenciação



Maio 4, 2010

Coimbra

25

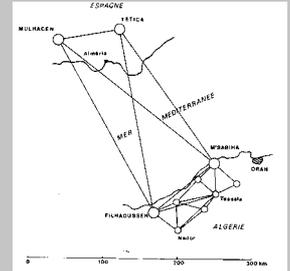
2- Iniciativas globais e regionais: AIG, EUREF

IBÁÑEZ DE IBERO

- O presidente entre 1886 e 1891 é o General Ibáñez de Ibero Carlos Ibáñez y Ibáñez de Ibero (Barcelona 1825 - Nice 1891)



Ligação Espanha-Argélia em 1879



Maio 6, 2010

Coimbra

26

O SISTEMA DE COORDENADAS PT-TM06/ETRS89

CONTEÚDO

- ▶ **Requisitos actuais para a georreferenciação:**
Normas ISO 19100, Directiva INSPIRE
- ▶ **Iniciativas globais e regionais: AIG, EUREF**
- ▶ **Sistemas geodésicos de referência globais e Europeus:**
ITRS (WGS84), ETRS89
- ▶ **Realização dos sistema geodésicos de referência:**
ITRF, ETRF
- ▶ **O sistema de georreferenciação PT-TM06**
- ▶ **Conclusões**

Maio 4, 2010

Coimbra

26

2- Iniciativas globais e regionais: AIG, EUREF

TÓPICOS (HELMERT 1922)

- coordenação dos trabalhos geodésicos internacionais
- coordenação das observações astronómicas para a determinação dos desvios da vertical
- estudo das variações do eixo de rotação da Terra; criação de um serviço internacional de latitudes
- elaboração da primeira rede gravimétrica mundial (sistema de Potsdam) e medições no mar
- publicações científicas

Maio 6, 2010

Coimbra

27

2- Iniciativas globais e regionais: AIG, EUREF

GÉNESE DA AIG

- 1861: o General Bayer apresentou um relatório no sentido da cooperação dos estados da Europa na medição do tamanho da forma e dimensões da Terra (*Mitteleuropäische Gradmessung*)
- 1864: 1ª Conferência Geodésica Internacional em Berlim
- 1867: 2ª Conferência Geodésica Internacional (*Europäische Gradmessung*); Portugal e Espanha aderem à organização
- 1885: fim da presidência do General J.J. Bayer
- 1887: criação da Associação Internacional de Geodesia (*Internationale Erdmessung*) a que aderiram 20 estados

Maio 4, 2010

Coimbra

27

2- Iniciativas globais e regionais: AIG, EUREF

CRIAÇÃO DA UGGI



International Union of Geodesy and Geophysics
Union Géodésique et Géophysique Internationale

- Organização científica não governamental fundada em 1919
- É uma das 25 Uniões científicas presentemente agrupadas no ICSU (International Council for Science)
- Integra 8 Associações

LAG	Geodesia
IASPEI	Sismologia e Física do Interior da Terra
IAVCEI	Vulcanologia e Química do Interior da Terra
LAGA	Geomagnetismo e Aeronomia
IAMAS	Meteorologia e Ciências da Atmosfera
IAGH	Ciências de Hidrologia
IAPSO	Ciências Físicas dos Oceanos
IACS	Ciências da Criosfera

Maio 6, 2010

Coimbra

28

COMPOSIÇÃO DA UGGI

• **Membros fundadores**

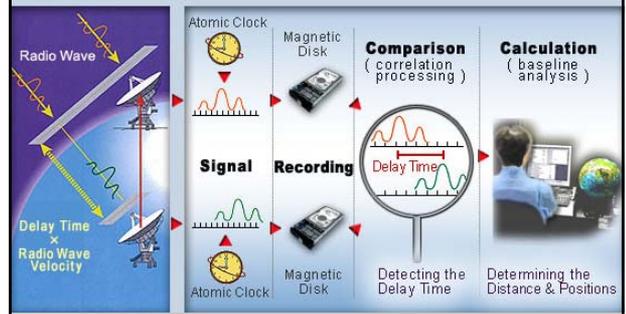
- . AUSTRÁLIA . BÉLGICA . CANadá
- . FRANÇA . ITÁLIA . JAPÃO
- . PORTUGAL . REINO UNIDO . EUA

• **Membros actuais (2007)**

África	6
Ásia	16
Europa	32
América do Norte e Central	3
Oceania	2
América do Sul	6

A 5ª Assembleia Geral realizou-se em Lisboa em 1933: 200 participantes

VLBI (Very Long Baseline Interferometry) (exactidão melhor que 1 cm/5000 km ou 0,002 ppm)



COMISSÕES

- Commission 1 Reference Frames
- Commission 2 Gravity Field
- Commission 3 Earth Rotation and Geodynamics
- Commission 4 Positioning and Applications

COMITÉS INTER-COMISSÕES

- Inter commission committee on Theory (ICCT)
- Inter commission committee on Geodetic Standards (ICCGS)
- Inter commission committee on Planetary Geodesy (ICCPG)

VLBI – Rede Global



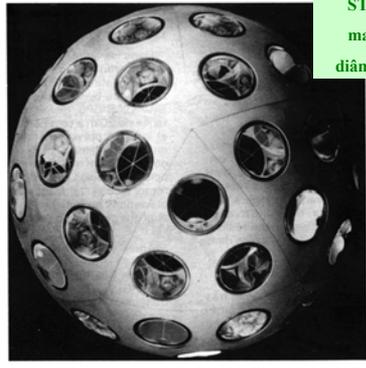
SERVIÇOS

- IERS (International Earth Rotation and Reference Systems Service)
- IGS (International GNSS Service)
- ILRS (International Laser Ranging Service)
- IVS (International VLBI Service for Geodesy and Astrometry)
- IGFS (International Gravity Field Service)
- IDS (International DORIS Service)
- BGI (International Gravimetric Bureau)
- IGES (International Geoid Service)
- ICET (International Centre for Earth Tides)
- PSMSL (Permanent Service for Mean Sea Level)
- BIPM (Bureau International des Poids et Mesures - time section)
- IBS (LAG Bibliographic Service)

LASER RANGING



2- Iniciativas globais e regionais: AIG, EUREF



STARLETTE
 massa = 47 kg
 diâmetro = 26 cm

Maio 4, 2010

Coimbra

37

2- Iniciativas globais e regionais: AIG, EUREF

IGS – International GNSS Service



Criado a partir de uma resolução da UGGI em 1991 (Vienna)

Actividades iniciadas oficialmente em 1994

CONJUNTO DE ESTAÇÕES PERMANENTES GPS (+GLONASS)
 (presentemente mais de 380, algumas inactivas)

Maio 6, 2010

Coimbra

60

2- Iniciativas globais e regionais: AIG, EUREF

ILRS – Contributos



- estudo do sistema Terra sólida - atmosfera – hidrosfera - criosfera
- apoio fundamental aos satélites altimétricos
- contribuição para a monitorização dos níveis do mar e do gelo
- dinâmica a longo prazo da Terra sólida, oceanos e atmosfera
- apoio ao estudo dos movimentos tectónicos
- contribuição para a investigação em Física fundamental

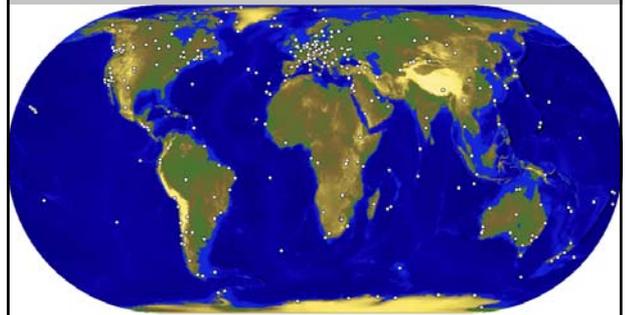
Maio 4, 2010

Coimbra

38

2- Iniciativas globais e regionais: AIG, EUREF

IGS – Rede Global



(<http://igsceb.jpl.nasa.gov/>)

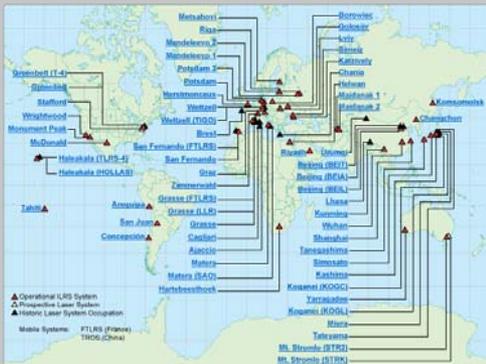
Maio 6, 2010

Coimbra

61

2- Iniciativas globais e regionais: AIG, EUREF

ILRS – Rede Global



(<http://ilrs.gsfc.nasa.gov/>)

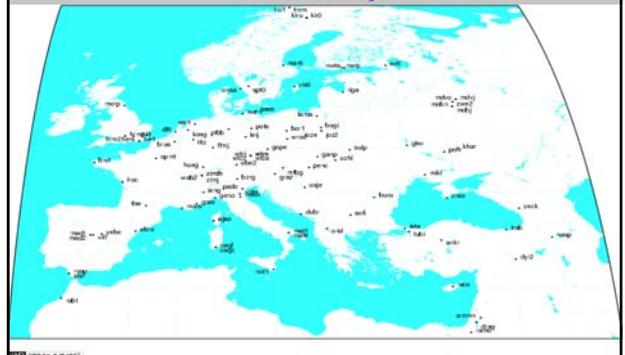
Maio 4, 2010

Coimbra

39

2- Iniciativas globais e regionais: AIG, EUREF

IGS – Rede Europeia



Maio 6, 2010

Coimbra

62

DORIS

Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite

• Sistema Doppler de seguimento de satélites

- determinação precisa de órbitas
- localização precisa no terreno

- satélites altimétricos Jason-1 e ENVISAT (TOPEX/POSEIDON)
- satélites de detecção remota SPOT-2, SPOT-4 e SPOT-5 (SPOT-3)

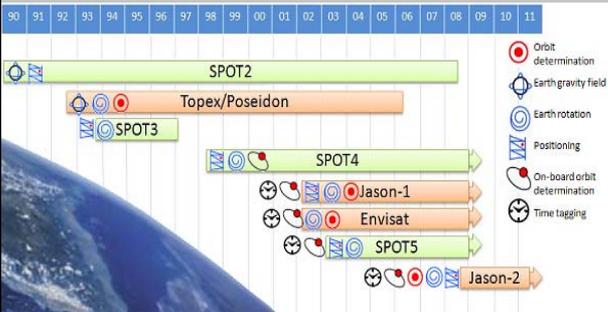


INICIATIVAS REGIONAIS DA AIG

Commission 1 - Reference Frames

- SC1.1: Coordination of Space Techniques
- SC1.2: Global Reference Frames
- SC1.3: Regional Reference Frames
 - SC1.3 a: Europe (EUREF)
 - SC1.3 b: South and Central America (SIRGAS)
 - SC1.3 c: North America (NAREF)
 - SC1.3 d: Africa (AFREF)
 - SC1.3 e: Asia-Pacific
 - SC1.3 f: Antarctica

Missões DORIS



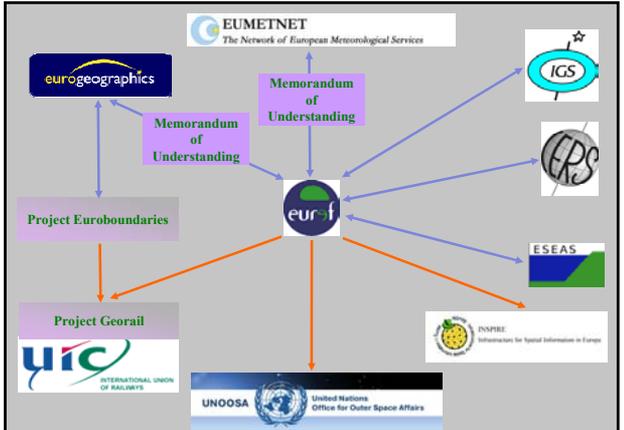
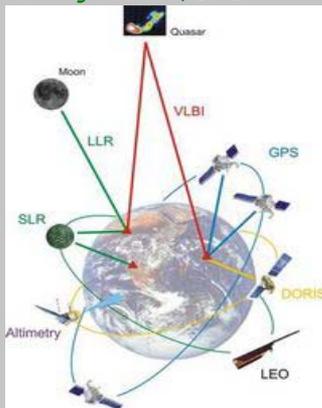
(<http://www.aviso.oceanobs.com>)



www.euref-iag.net

www.euref.eu

- ▶ Assembleia Geral da UGGI, Vancouver, 1987 constituição
Section 1 - Positioning
Commission X - Global and Regional Geodetic Networks
- ▶ Assembleia Geral da UGGI, Sapporo, 2003 integração na
Commission 1 – Reference Frames
Sub-commission 1.3 - Regional Reference Frames



CONTEÚDO

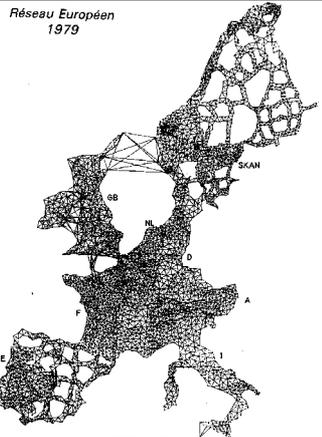
- **Requisitos actuais para a georreferenciação:**
Normas ISO 19100, Directiva INSPIRE
- **Iniciativas globais e regionais: AIG, EUREF**
- **Sistemas geodésicos de referência globais e Europeus:**
ITRS (WGS84), ETRS89
- **Realização dos sistema geodésicos de referência:**
ITRF, ETRF
- **O sistema de georreferenciação PT-TM06**
- **Conclusões**

DATUM EUROPEU

- criação pela AIG em 1954 da Sub-comissão RETrig (Réseau Européen Trigonométrique)
- continuar o cálculo da rede geodésica Europeia e aumentar a sua qualidade incluindo novas e mais precisas medições
- nova versão do Datum Europeu (ED79) adoptada em 1979, baseada em redes de triangulação densas
- reconhecida a importância de incluir observações Doppler na fase seguinte
- nova versão (ED87) adoptada em 1987

DATUM EUROPEU

- reconstrução da Europa depois da II guerra motivou a integração dos diferentes data num datum comum
- selecção das cadeias de triangulação primárias (Réseau Européen 1950)
- cálculo realizado pelo United States Coast and Geodetic Survey
- conjunto de coordenadas ED50 (European Datum 1950)
- ponto origem na Helmernturm em Potsdam, Alemanha.
- componentes do desvio da vertical e ondulação do géide:
 $\xi = 3.36''$, $\eta = 1.78''$, $N = 0$ m
- Elipsóide Internacional (Hayford) adoptado pela UGGI em 1924:
 $a = 6\,378\,388$ m, $f = 1/297$



DATUM EUROPEU +

- em muitos países da Europa do Leste integrados na ex-URSS foi adoptado o Datum Pulkovo 1942
- ponto origem no Observatório de Pulkovo
- adoptado o elipsóide de Krassovski (1942):
 $a = 6\,378\,245$ m, $f = 1/298.3$

SISTEMAS DE REFERÊNCIA ELIPSOIDAIS

- ▶ Concebidos para apoiar o desenvolvimento das Redes Geodésicas
- ▶ Sistema de eixos tri-ortogonal directo
- ▶ Origem coincidente com o centro do elipsóide de revolução
- ▶ Eixos paralelos aos do Sistema Terrestre Convencional definido pelo BIH (Bureau International de l'Heure)

SISTEMAS DE REFERÊNCIA: TERMINOLOGIA

- **Sistema de Referência Ideal**
definição teórica (não acessível aos utilizadores)
- **Referencial**
 - conjunto de objectos físico com as suas coordenadas
 - realização de um Sistema de Referência Ideal
 - acessível aos utilizadores
- **Sistema de Coordenadas**
cartesiano (X,Y,Z), geográfico (λ, ϕ, h)...

DATUM GEODÉSICO CLÁSSICO

- ▶ Conjunto de parâmetros que define o posicionamento do elipsóide de referência relativamente à Terra, baseado em observações astronómicas
- ▶ Estabelecimento de um ponto origem onde são definidos:
 - ▶ as coordenadas geodésicas ($\varphi_{1G}, \lambda_{1G}$)
 - ▶ os componentes do desvio da vertical (ξ_1, η_1)
 - ▶ a ondulação do geóide (N_1)
 - ▶ um azimute geodésico (equação de Laplace)

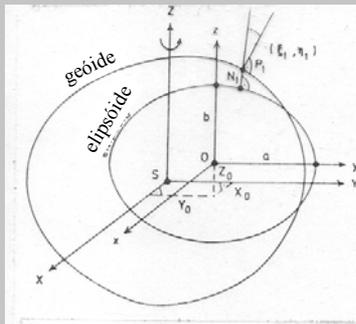
$$\alpha_{1G} = \alpha_{1A} - (\lambda_{1A} - \lambda_{1G}) \tan \varphi$$

TRS - TERRESTRIAL REFERENCE SYSTEM

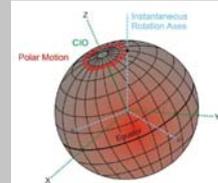
- ▶ Sistema de referência espacial que acompanha a rotação da Terra no seu movimento diurno no espaço
- ▶ Modelo matemático para uma Terra física relativamente ao qual são expressas as posições dos pontos e as suas pequenas variações no tempo devido a efeitos geofísicos (movimento das placas tectónicas, marés terrestres, etc.)
- Definição matemática e física
- Sistema de eixos tridimensional definido por uma origem, uma unidade de comprimento e uma orientação
- Constantes físicas associadas:
tempo, velocidade da luz no vácuo, GM

OS PARÂMETROS DO DATUM

- ▶ ($\varphi_{1G}, \lambda_{1G}$)
fixam uma normal
- ▶ (ξ_1, η_1)
fixam essa normal relativamente à Terra
- ▶ (N_1)
fixa a separação entre o elipsóide e o geóide
- ▶ (equação de Laplace)
fixa a orientação



ITRS - INTERNATIONAL TERRESTRIAL REFERENCE SYSTEM



ADOPTADO EM 1991 (VIENA) PELA UGGI
(União Geodésica e Geofísica Internacional)
DEFINIÇÃO, REALIZAÇÃO E PROMOÇÃO A
CARGO DO IERS (sucedeu ao BIH)
(International Earth Rotation and Reference Systems Service)

GRAVIDADE NORMAL DO GRS80

A gravidade normal à superfície do elipsóide é dada por (Somigliana)

$$\gamma = \gamma_e \frac{1 + k \sin^2 \phi}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \phi}}$$

$$k = (b \gamma_p) / (a \gamma_e) - 1$$

γ_p – gravidade teórica nos pólos

γ_e – gravidade teórica no equador

e^2 – quadrado da primeira excentricidade

ϕ - latitude geodésica

ITRF2005

ITRF2005 STATION POSITIONS AT EPOCH 2000.0 AND VELOCITIES GPS STATIONS

DOMES NB.	SITE NAME	TECH. ID.	X/Vx	Y/Vy	Z/Vz	Sigmas		
			m/m/y					
10002M006	GRASSE	GPS GRAS	4581690.974	556114.744	4389360.739	0.001	0.001	0.001
10002M006			-0.139	0.0186	0.0116	.0001	.0001	.0001
13909S001	CASCAIS	GPS CASC	4917536.986	-815726.310	3965857.316	0.006	0.003	0.005
13909S001			-0.069	0.0201	0.0141	.0014	.0006	.0011

Disponíveis: ITRF88, 89, ..., 2000

Mais recente: ITRF2005

Em curso: ITRF2008

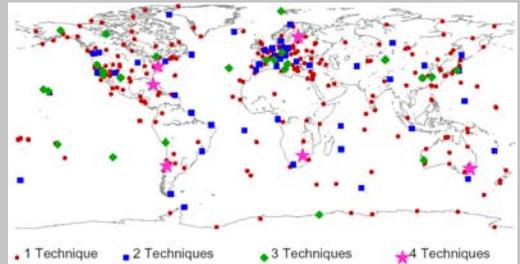
(<http://itrf.ensg.ign.fr>)

O SISTEMA DE COORDENADAS PT-TM06/ETRS89

CONTEÚDO

- ▶ **Requisitos actuais para a georreferenciação:**
Normas ISO 19100, Directiva INSPIRE
- ▶ **Iniciativas globais e regionais: AIG, EUREF**
- ▶ **Sistemas geodésicos de referência globais e Europeus:**
ITRS (WGS84), ETRS89
- ▶ **Realização dos sistemas geodésicos de referência:**
ITRF, ETRF
- ▶ **O sistema de georreferenciação PT-TM06**
- ▶ **Conclusões**

ITRF2005 - CO-LOCALIZAÇÕES

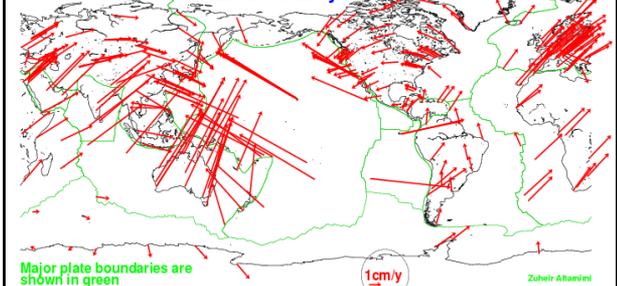


(Zuheir Altamimi, 2006)

ITRF - INTERNATIONAL TERRESTRIAL REFERENCE FRAME

- ▶ **Conjunto de referências geodésicas**
- ▶ **Coordenadas estimadas com base em técnicas de geodesia espacial**
 - VLBI (Very Long Baseline Interferometry)
 - SLR (Satellite Laser Ranging)
 - GPS (Global Positioning System)
 - DORIS (Doppler Orbitography Radiopositioning Integrated by Satellite)

ITRF2005 Velocity Field



(Zuheir Altamimi, 2008)

REQUISITOS CIENTÍFICOS PARA O ITRF

- Estabilidade a longo prazo do ITRF: 0.1 mm/ano
- Estabilidade: comportamento linear dos parâmetros do ITRF, i.e. sem descontinuidades:
 - Componentes da Origem: 0.1 mm/ano
 - Escala: 0.01 ppb/ano (0.06 mm/ano)
- Situação actual: provavelmente não melhor que 1 mm/ano

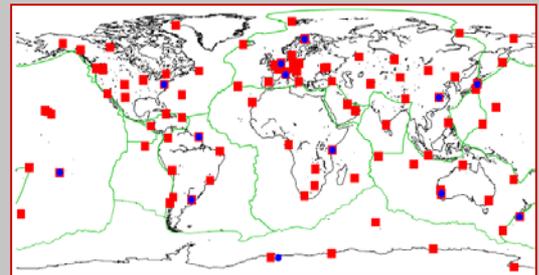
GALILEO TERRESTRIAL REFERENCE FRAME (GTRF)

- Galileo Geodesy Service Provider (GGSP)
 - Definir, realizar e manter o GTRF
 - GTRF é compatível com o ITRF
 - GTRF está alinhado com o ITRF
- GTRF é uma realização do ITRS

O REFERENCIAL ASSOCIADO AO WGS84

- ▶ A realização do sistema baseia-se num conjunto consistente de coordenadas de estações (TRF)
- ▶ O conjunto original de estações apresentava consistência nas coordenadas ao nível de 2 m; funcionou até 1994
- ▶ Em 1994 (semana GPS 730) e em 1996 (semana GPS 873) foram adoptadas novas realizações baseadas no ITRF; WGS84 (G730) e WGS84 (G873)
- ▶ Em 2002 (semana GPS 1150) foi adoptada a actual realização (G1150) baseada no ITRF2000;
- ▶ Consistência actual (49 estações) com o ITRF2000 \approx 1 cm

GTRF PROVISIONAL NETWORK



● GESS ■ estação IGS

WGS 84-(G1150)



- Coordenadas de ~20 estações fixadas ao ITRF2000
- Não está associado modelo de velocidades às estações

REALIZAÇÃO DO ETRS89

usando as realizações ITRS:

para cada referencial ITRF_{yy} pode ser calculado um correspondente em ETRS89 e designado por ETRF_{yy}. Estão disponíveis as seguintes soluções ETRF:

ETRF89
 ETRFyy
 ETRF2000
 ETRF2005

- posicionamento com observações GPS (campanhas ou estações permanentes): usando as coordenadas ITRF_{yy} mais recentes da estação e efemérides de precisão do IGS seguindo o procedimento descrito em (Boucher and Altamimi, 2007)

39 CAMPANHAS DESDE 1990

4- Realização dos sistemas geodésicos de referência: ITRF, ETRF

REALIZAÇÃO DO ETRS89

- Exprimir em ITRF_{YY} na época central (t_c) das observações
- Exprimir em ETRS89 usando 14 parâmetros de transformação (alguns são zero)

(Altamimi, Z., 2007)

Posições

$$X^E(t_c) = X_{YY}^I(t_c) + T_{YY} + \begin{pmatrix} 0 & -\dot{r}_{3YY} & \dot{r}_{2YY} \\ \dot{r}_{3YY} & 0 & -\dot{r}_{1YY} \\ -\dot{r}_{2YY} & \dot{r}_{1YY} & 0 \end{pmatrix} \times X_{YY}^I(t_c) \cdot (t_c - 1989.0)$$

Velocidades

$$\begin{pmatrix} \dot{X}_{YY}^E \\ \dot{Y}_{YY}^E \\ \dot{Z}_{YY}^E \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \dot{X}_{YY}^I \\ \dot{Y}_{YY}^I \\ \dot{Z}_{YY}^I \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & -\dot{r}_{3YY} & \dot{r}_{2YY} \\ \dot{r}_{3YY} & 0 & -\dot{r}_{1YY} \\ -\dot{r}_{2YY} & \dot{r}_{1YY} & 0 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} X_{YY}^I \\ Y_{YY}^I \\ Z_{YY}^I \end{pmatrix}$$

Maio 4, 2010

Coimbra

79

4- Realização dos sistemas geodésicos de referência: ITRF, ETRF

TABELA DE CAMPANHAS EUREF - 1

CAMPANHA	COMENTÁRIOS	ADOPÇÃO
EUREF 89	Class C	R1 - Berne 1992
EUREF 1992 Baltic States	Class C - Estonian points replaced by EUREF-Estonia-1997	R2 - Budapest 1993
EUREF-CS/H 91	Some H points replaced by EUREF-Hungary-2002 S points replaced by EUREF-Slovakia-2001	R1 - Warsaw 1994
EUREF-POL 92	Replaced by EUREF-POL-2001	R1 - Warsaw 1994
EUREF-D/INL 93		R1 - Warsaw 1994
EUREF-GB92	Replaced by EUREF GB2001	R1 - Helsinki 1995
EUREF-Cyprus93		R1 - Helsinki 1995
EUREF-LUXB94		R1 - Helsinki 1995
EUREF-CRO/SLO94	Croatian points replaced by EUREF-CRO-94/95/96	R1 - Helsinki 1995
EUREF-DK94		R1 - Helsinki 1995
CH92/93		R1 - Ankara 1996
EUREF-BG92/93		R1 - Ankara 1996
EUREF-Iceland93		R1 - Ankara 1996
EUREF-A94/95	Some points replaced by EUREF-Austria-2002	R1 - Ankara 1996
EUREF-EIR/GB95	GB points replaced by EUREF GB2001	R1 - Ankara 1996
Iberia 95		R1 - Bad Neuenahr - Ahrweiler 1998
Malta 96		R1 - Bad Neuenahr - Ahrweiler 1998
FYROM 96		R1 - Bad Neuenahr - Ahrweiler 1998

4- Realização dos sistemas geodésicos de referência: ITRF, ETRF

MODELO DE TRANSFORMAÇÃO

$$\underline{X}(S0) = \underline{X}(SI) + \underline{T}(SI) + \underline{R} \underline{X}(SI) \Delta t$$

$\underline{X}(S0)$ - coordenadas em ETRS89

$\underline{X}(SI)$ - coordenadas em ITRS (ITRF_{yy}) na época de observação

$\underline{T}(SI)$ - translação entre ITRF_{yy} e ITRF89

\underline{R} - rotação para 1989.0 (movimento da placa Euro-asiática)

Δt - diferença de tempo entre a época de observação e 1989.0

Maio 4, 2010

Coimbra

80

4- Realização dos sistemas geodésicos de referência: ITRF, ETRF

TABELA DE CAMPANHAS EUREF - 2

CAMPANHA	COMENTÁRIOS	ADOPÇÃO
EUREF-NOR94/NOR95	Subset of points	R2 - Bad Neuenahr - Ahrweiler 1998
EUVN97		R1 - Prague 1999
EUREF-FIN-96/97	Subset of points	R2 - Prague 1999
EUREF-Estonia-1997	Subset of points (EUREF 1992 no longer acceptable)	R2 - Prague 1999
EUREF-Balkan-98	Wait for publication due to political reasons	R3 - Prague 1999
Moldavia-99	3 points in Ukraina not included (bad quality)	R1 - Tromsøe 2000
EUREF-SWeref-99	Old points deleted from the database	R1 - Tromsøe 2000
EUREF-Baleaer-98		R1 - Tromsøe 2000
EUREF-CRO-94/95/96	Old points deleted from the database	R1 - Dubrovnik 2001
EUREF GB2001	Old points deleted from the database Re-processing in 2004	R1 - Ponta Delgada 2002
EUREF-Slovakia-2001	Old points deleted from the database	R1 - Toledo 2003
EUREF-POL-2001	Old points deleted from the database	R1 - Toledo 2003
EUREF-Austria-2002	Old points deleted from the database	R1 - Toledo 2003
EUREF-Hungary-2002	Old points deleted from the database	R1 - Toledo 2003
EUREF-Armenia- 2002		R1 - Bratislava 2004
EUREF-GB-2001	Re-processing; previously accepted in 2002	R1 - Bratislava 2004
EUREF-BG-2004	Combined EUREF-BG92/93, previously accepted in 1996	R1 - Riga 2006
EUREF-NKG-2003	Only points from Latvia and Lithuania in the database	R1 - Riga 2006

4- Realização dos sistemas geodésicos de referência: ITRF, ETRF

realização actual devido ao 'salto' entre
ITRF2000 e ITRF2005



Maio 4, 2010

Coimbra

81

4- Realização dos sistemas geodésicos de referência: ITRF, ETRF

COMPONENTES DA EPN

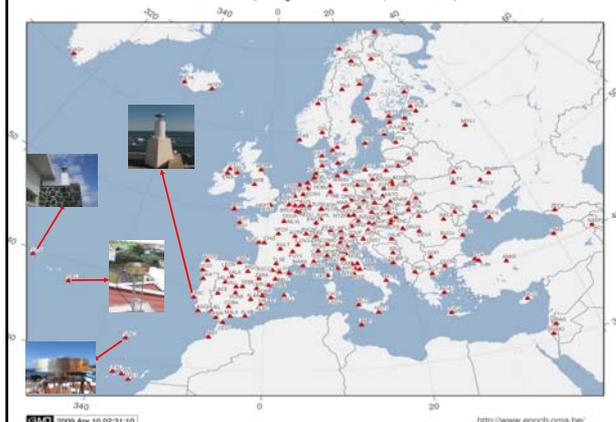
- Estações GNSS de observação contínua
- Centros de Dados que proporcionam acesso às observações
- Centros de Análise que calculam as coordenadas e sub-produtos
- Centro de Combinação
- EPN Central Bureau (C. Bruyninx, Bélgica)

Maio 4, 2010

Coimbra

84

EUREF Permanent Tracking Network
221 estações permanentes (1 inactiva)



O SISTEMA DE COORDENADAS PT-TM06/ETRS89

CONTEÚDO

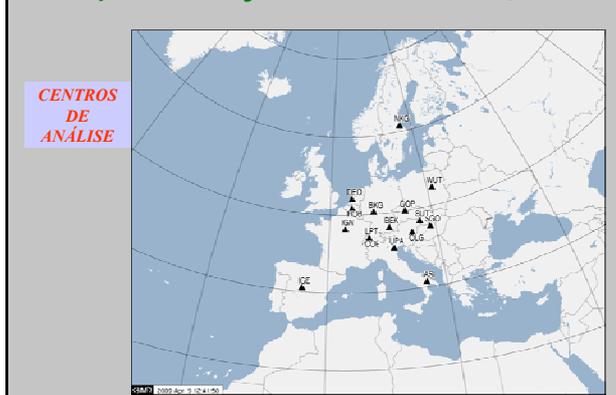
- ▶ **Requisitos actuais para a georreferenciação:**
Normas ISO 19100, Directiva INSPIRE
- ▶ **Iniciativas globais e regionais:** AIG, EUREF
- ▶ **Sistemas geodésicos de referência globais e Europeus:**
ITRS (WGS84), ETRS89
- ▶ **Realização dos sistemas geodésicos de referência:**
ITRF, ETRF
- ▶ **O sistema de georreferenciação PT-TM06**
- ▶ **Conclusões**

Maio 6, 2010

Coimbra

88

4- Realização dos sistemas geodésicos de referência: ITRF, ETRF



Maio 4, 2010

Coimbra

88

5- O sistema de georreferenciação PT-TM06

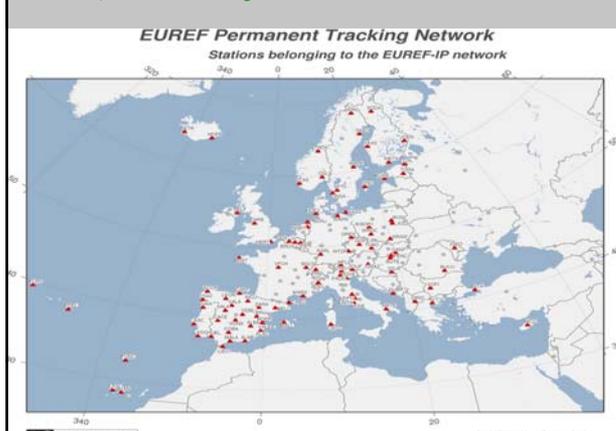
- **O IGP adoptou há 3 anos o sistema de georreferenciação PT-TM06**
- **As coordenadas estão associadas**
 - **ao elipsóide GRS80**
 - **à projecção Transversa de Mercator**
- **O sistema está apoiado no ETRS89 (datum geodésico)**

Maio 6, 2010

Coimbra

89

4- Realização dos sistemas geodésicos de referência: ITRF, ETRF



5- O sistema de georreferenciação PT-TM06

- **O European Terrestrial Reference System (ETRS89) é coincidente com o ITRS (International Terrestrial Reference System) na época 1989.0**
 - **o ETRS89 é um sistema geocêntrico**
 - **as coordenadas dos pontos situados na parte estável da placa Euro-asiática são constantes no tempo, excluindo os movimentos internos na placa**
- **O ETRS89 foi realizado pela campanha IBERIA95**
 - **9 estações GPS em Portugal Continental**
 - **cálculos no IGN(E) e IPCC com o software "Bernese"**
 - **resultados aprovados no simpósio EUREF de Bad Neuenahr – Ahrweiler (Pujol et al, 1998)**

Maio 6, 2010

Coimbra

90

REDE IBERIA95



PARÂMETROS UTILIZADOS NO CÁLCULO DE IBERIA95

$$\underline{X}(S0) = \underline{X}(S1) + \underline{T}(S1) + \underline{R}\underline{X}(S1) \Delta t$$

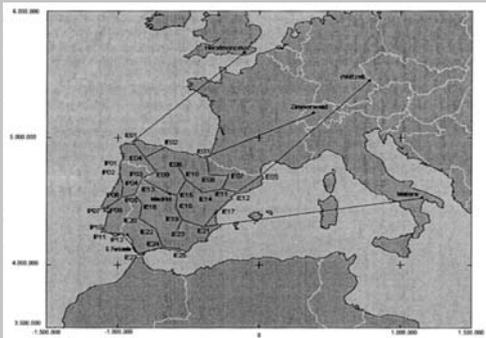
Realização do ITRS: ITRF97

Época: 1995.4

$T1 = 0.041 \text{ m}$ $T2 = 0.041 \text{ m}$ $T3 = -0.049 \text{ m}$

$R1 = 0.0002 \text{ \%/ano}$ $R2 = 0.0005 \text{ \%/ano}$ $R3 = -0.00065 \text{ \%/ano}$

REDE IBERIA95



Sistema de coordenadas rectangulares cartesianas bi-dimensionais

- datum: ETRS89
- elipsóide: GRS80
- unidade: metro (m) definido pelo SI

Projeção cartográfica e parâmetros

- Transversa de Mercator (Gauss-Krüger) (Afonso, 1972)
- ponto central: $\lambda_0 = -8^\circ 7' 59.19''$ e $\phi_0 = 39^\circ 40' 5.73''$
- falsa origem: $Dx = 0 \text{ m}$ e $Dy = 0 \text{ m}$
- factor de escala no meridiano central: $k_0 = 1$
- módulo de deformação linear: $k = 1 + x^2 1.23063 \text{ E-14}$
- deformação linear a 150 km de λ_0 : 276.9 ppm

RESULTADOS

Repetibilidade de 5 sessões (rede livre)

$emq(N) = 0.002 \text{ m}$ $emq(E) = 0.002 \text{ m}$ $emq(U) = 0.008 \text{ m}$

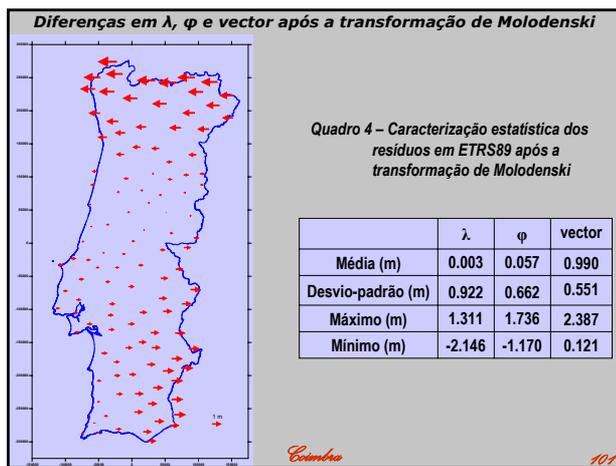
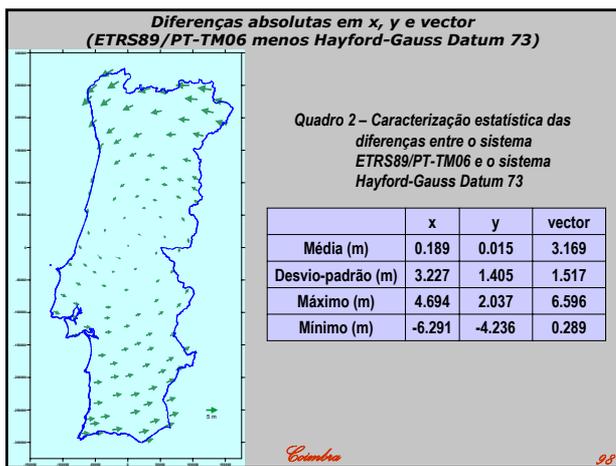
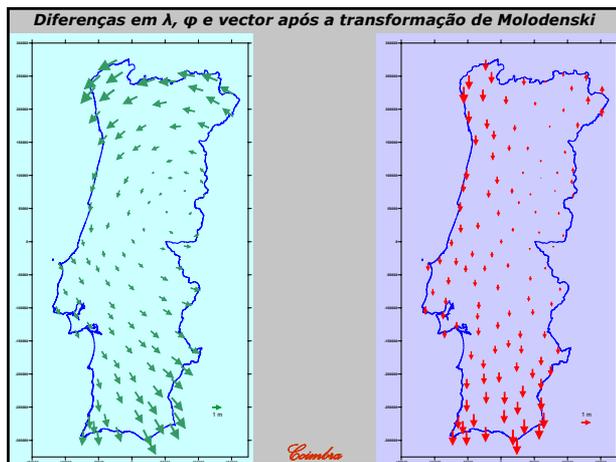
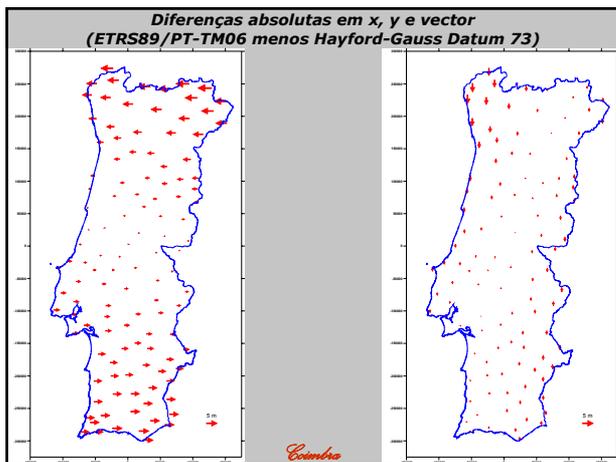
Rede constrangida a 5 estações

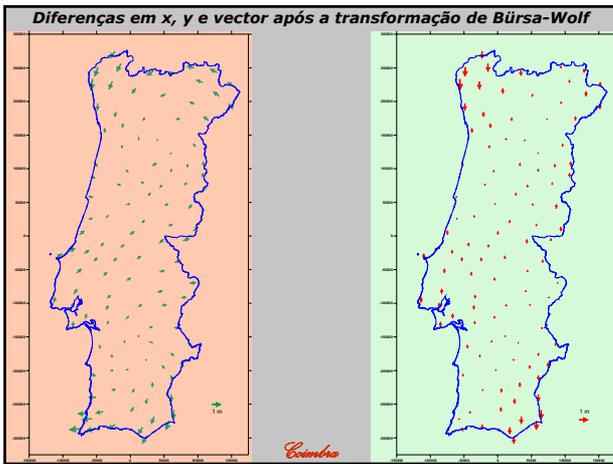
$emq(N) = 0.002 \text{ m}$ $emq(E) = 0.003 \text{ m}$ $emq(U) = 0.009 \text{ m}$

Aprovada no Simpósio EUREF 1998: estações EUREF Classe B (precisão de 1 cm na época de observação)

Quadro 1 – Comparação das coordenadas do ponto central da projecção do sistema ETRS89/PT-TM06 com as transformadas do ponto (0,0) no sistema Hayford- Gauss Datum 73

	ETRS89/PT-TM06 (1)	Por bases (2)	1 – 2 (3)	Por Bursa-Wolf (4)	1 – 4 (5)
λ_0	$-8^\circ 7' 59.19''$	$-8^\circ 7' 59.17618''$	$-0.01382''$	$-8^\circ 7' 59.19170''$	$+0.00170''$
ϕ_0	$39^\circ 40' 5.73''$	$39^\circ 40' 5.73126''$	$-0.00126''$	$39^\circ 40' 5.72275''$	$+0.00725''$



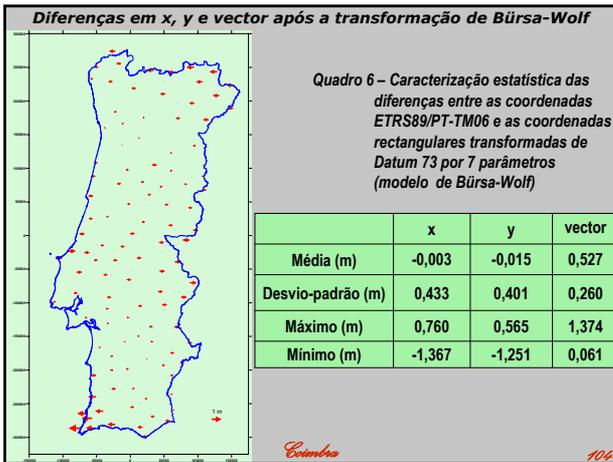


5- O sistema de georreferenciação PT-TM06

A REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA

- A representação da Terra num plano segue um conjunto de regras
- Os sistemas de representação cartográfica definem os diferentes modos como se faz essa representação
- O problema essencial é a passagem de Coordenadas geográficas para Coordenadas rectangulares
- Definem-se:
 - Módulo de deformação linear $k = ds / dS$
 ds - distância plana dS - distância elipsoidal
 - Módulo de deformação areal $m = da / dA$
 da - área plana dA - área elipsoidal

Maio 6, 2010 Coimbra 106



5- O sistema de georreferenciação PT-TM06

A PROJECCÃO CARTOGRÁFICA

$x = x(\phi, \lambda)$ ϕ - latitude
 $y = y(\phi, \lambda)$ λ - longitude

É impossível planificar o esferóide!

Maio 6, 2010 Coimbra 107

5- O sistema de georreferenciação PT-TM06

- A alteração das coordenadas rectangulares, em termos absolutos, é maior que 6 m
 - apreciável em escalas grandes
 - altera o seccionamento de SC oficiais (1:10 000)
- O padrão das diferenças entre as coordenadas geográficas ETRS89 e D73 transformadas (translação dos centros dos elipsóides de referência) leva a concluir que existe uma desorientação espacial do D73
- As diferenças entre coordenadas transformadas e 'puras' através da transformação de Helmert no espaço confirmam as distorções internas do D73, que apresentam padrões locais bem estabelecidos, inerentes às redes geodésicas clássicas
- Estes padrões são importantes para estabelecer um método de transformação de coordenadas preciso e eficaz

Maio 6, 2010 Coimbra 105

5- O sistema de georreferenciação PT-TM06

COMO É QUE OS MODELOS MATEMÁTICOS DEFORMAM A REALIDADE?

Mollweide Mercator Cilíndrica equivalente

Maio 6, 2010 Coimbra 108

5- O sistema de georreferenciação PT-TM06

Relação entre os diferentes tipos de coordenadas e diferentes sistemas de referência

Sistema geodésico 1
 M_1, P_1
 ϕ_1, λ_1, h_1
 X_1, Y_1, Z_1

Sistema geodésico 2
 M_2, P_2
 ϕ_2, λ_2, h_2
 X_2, Y_2, Z_2

Coordenadas cartesianas no plano
Coordenadas geográficas e altitude elipsoidal
Coordenadas cartesianas espaciais

Maior 4, 2010 Coimbra 109

Transformation and Conversion - Change of CRS by Coordinate Operations

The change of coordinates from one Coordinate Reference System to another is so called coordinate operation. There are two basic types of operations: coordinate transformation and coordinate conversion.

Transformation

The change of coordinates from one CRS to another CRS based on different datum is only possible via a coordinate transformation. The transformation parameters could only be derived empirically by a set of points common to both coordinate reference systems. It means to identify points. Check, accuracy, number and the quality of coordinates of the points affect the results and the accuracy. Therefore, different standards for transformations from one datum to another exist.

Coordinates related to datum 1 and Coordinate System A → Coordinate Transformation → Coordinates related to datum 2 and Coordinate System B

For 3-dimensional CRS in a 7-parameter Helmert Transformation is used for coordinate transformations. The figure shows the formula, which is used in this information system.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & -R_2 & R_1 \\ R_2 & 0 & -R_3 \\ -R_1 & R_3 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{bmatrix} + D \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{bmatrix}$$

Legend Definition:
 (X) Spatial Cartesian
 (Y) Spatial Cartesian
 T_x, T_y, T_z translation (m) (m)
 R_1, R_2, R_3 rotation around Y/X/Z axis (rad) (rad)
 D: correction of scale (parts)

Remark: the relations R_1, R_2, R_3 must be small!

Unfortunately there exists different versions of this formula with inverse definition of the signs of rotations which confuse people. In this information system the relations R_1, R_2, R_3 must be small!

Maior 4, 2010 Coimbra 110

5- O sistema de georreferenciação PT-TM06

Information and Service System for European Coordinate Reference Systems - CRS

This information and Service System for European Coordinate Reference Systems was established to support the users of spatial information in Europe.

It is a common project of:

- Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (Federal Office for Cartography and Geodesy), Germany
- EuroGeographics as the central hub for Europe's Geographic Information (GI) developments - a unique and diverse network working of all concerned with European GI, National Mapping and Cadastral Agencies (NMCA), the European Commission and others
- EUREF (European Reference Frame) as Sub-Commission of IAGU's International Association of Geodesy
- Commission X on Global and Regional Geodetic Networks with the main task to establish and maintenance of the European Reference Frames.

Maior 4, 2010 Coimbra 111

5- O sistema de georreferenciação PT-TM06

ALGUNS ASPECTOS A CONSIDERAR COM A INTRODUÇÃO DO PT-TM06

- Qualidade do posicionamento
- desaparecem as distorções nos ajustamentos das redes
- coordenadas mais homogêneas
- Adequação a projectos trans-nacionais
- garante a continuidade da informação geo-espacial
- permite a inter-operabilidade (INSPIRE, etc.)
- Integração com informação existente
- existem métodos nos sistemas usados em geomática
- imperceptível na informação com resolução inferior a 2 m

Maior 4, 2010 Coimbra 113

5- O sistema de georreferenciação PT-TM06

Information and Service System for European Coordinate Reference Systems - CRS

- Description of national Coordinate Reference Systems
- Description of pan-European Coordinate Reference Systems (ETRS89 / EVRF 2000)
- Description of Transformation parameters from national Coordinate Reference Systems to pan-European Coordinate Reference Systems including:
 - Quality of transformation
 - Verification date of transformation
 - possibility for online conversion and transformation of single points for test and verification purposes (optional)
- Links to the National Mapping Agencies of the European Countries

The Joint Research Centre of the European Commission jointly organized with EuroGeographics and EUREF two Workshops (Spatial Reference Workshop 1999 and the Cartographic Project Workshop 2000 in Marne-la-Vallée). These Workshops laid the foundations for the definition of uniform European coordinate reference systems in position and based on the unique georeferencing of data. The Information System contains the description of national and pan-European Coordinate Reference Systems (CRS) for position and height orientated on the international standard 1911. It contains also the descriptions of transformations of national Coordinate Reference Systems of European countries to pan-European CRS. In the future a service module will be available for transformation and conversion of coordinates for test purposes.

CRS-EU is a extension and advancement of the former existing and now in this system integrated information system about European Coordinate Reference Systems CRS (http://crs.jrc.ec.europa.eu)

Maior 4, 2010 Coimbra 111

9- Conclusões

- Os sistemas de geo-referenciação actuais são realizados através de um sistema de observação baseado em técnicas geodésicas espaciais
- Existem um esforço e uma cooperação internacional notáveis para a manutenção de referências geodésicas globais e regionais
- A descrição de sistemas geodésicos de referência é objecto da norma ISO 19111 Geographic Information – Spatial referencing by coordinates
- A Directiva INSPIRE define um sistema de referência coordenado (CRS) comum para a Europa
- O PT-TM06 é um sistema de georreferenciação adequado aos requisitos nacionais e internacionais

Maior 4, 2010 Coimbra 114