



Manuela Vasconcelos
(mvasconcelos@dgterritorio.pt)

Lisboa, 25 de Maio de 2017

O que é a Geodesia?

Geodesia é a ciência que lida com a forma e dimensões da Terra e outros corpos celestes, incluindo os seus campos gravíticos, num espaço a três dimensões variando com o tempo.

[Associação Geodésica Internacional, 1980]

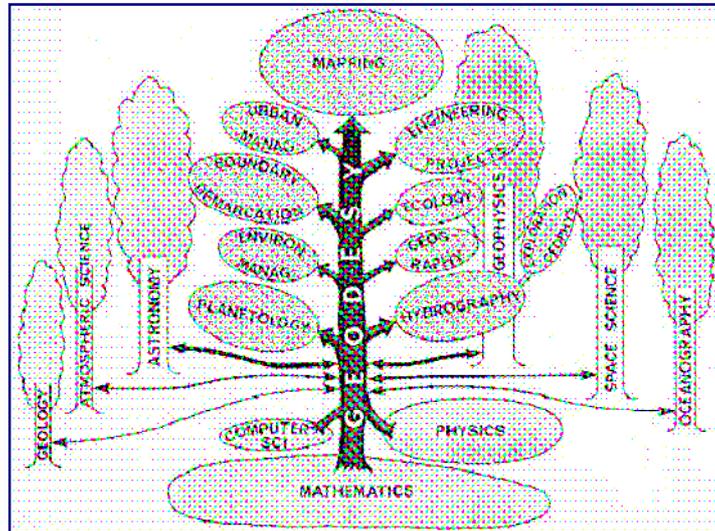
do grego $\gamma\eta + \delta\alpha\iota\sigma\iota\alpha$ = Terra + divisão = **Agrimensura**

Actualmente é uma disciplina do ramo da Geofísica, que integra os modelos da Física da Terra na Geometria convencional.

Helmert (1880): Ciência que se ocupa da medição do campo gravítico da Terra e da representação cartográfica da sua superfície.

[Casaca et. al., 2005]

Relação da Geodesia com outras Ciências



[Vanicek, 2001]

Para que serve a Geodesia?

- Conhecimento da dinâmica da Terra
- Conhecimento do campo gravítico da Terra
- Apoio à Cartografia e ao Cadastro
- Definição de fronteiras
- Apoio a operações militares
- Ordenamento do Território
- Implementação de vias de comunicação
- Construção e monitorização de obras de arte ou barragens



➤ **Apoio a todos os projectos onde seja necessário georreferenciar com precisão a informação**



Georreferenciação

Georreferenciação: localização de objectos ou fenómenos relativamente à Terra

- Processos directos
- Processos indirectos
- Posicionamento
- Navegação

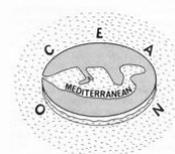
Para georreferenciar é necessário definir um sistema de referência

Existem diversos:

- Sistemas de Referência
- Sistemas de Coordenadas
- Referenciais

Teorias para a forma da Terra - Antiguidade

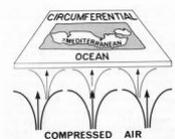
• **Thales de Mileto** (624-546 a.C.) - a Terra era um **disco** que flutuava num oceano infinito



• **Anaximandro** (610-545 a.C.) - a Terra era um **cilindro** que girava em torno de um eixo na direcção Este-Oeste



• **Anaxímenes** (585-528 a.C.) - Terra **rectangular**, flutuando num oceano infinito e mantida no espaço por um colchão de ar



[Antunes, 2007]

Teorias para a forma da Terra - Antiguidade

- Primeiro Mapa do Mundo - **Hecateus de Mileto** (550-476 a.C.)



- **Pitágoras** (571-497 a.C.) - introduziu a ideia de **Terra esférica**
- **Heráclito de Éfeso** (540-470 a.C.) - a Terra roda em torno do seu próprio eixo
- **Aristóteles** (384-322 a.C.) - Argumentos para a **esfericidade da Terra**:
 - sombra da Terra sobre a Lua
 - altura das estrelas e do Sol diminui com a latitude
 - em lugares diferentes os eclipses ocorrem a horas diferentes

[Antunes, 2007]

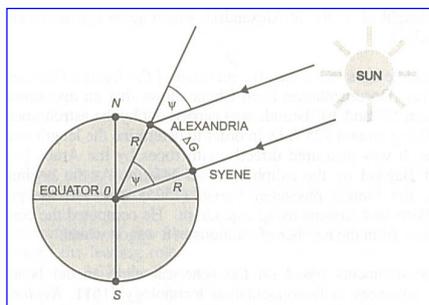
A Dimensão da Terra



Eratóstenes
(276-194 a.C.)

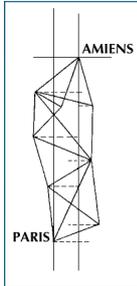
Determina o raio da Terra da seguinte forma:

- No solstício de verão, ao meio-dia o Sol iluminava o fundo de um poço em Siena
- No mesmo instante, o Sol projectava uma sombra em Alexandria
- Alexandria e Siena estão na mesma linha Norte-Sul
- A sombra projectada fazia um ângulo de $7^{\circ} 12'$ ($1/50$ de 360°) com a vertical
- Assume que a distância entre as cidades é de 5 000 estadias ($\cong 787.5$ km)
- Conclui que a **circunferência terrestre** deveria ser de 250 000 estadias (50×5000 estadias) -> **cerca de 39 375 km**



[Torge, 2001]

A Dimensão da Terra

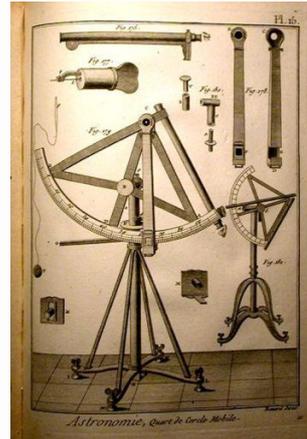


Jean François Fernel (1490-1558):

- mediu a distância entre Paris e Amiens, na direcção do meridiano, com rodas de uma carruagem
- circunferência da Terra: 39 812 km

Jean Picard (1620-1682):

- mediu uma cadeia de triângulos entre os paralelos de Amiens e Malvoisine
- aperfeiçoou instrumentos de medida
- circunferência da Terra: 40 032 km



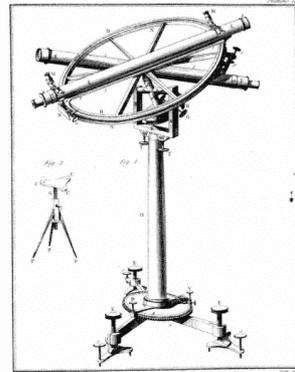
A Forma da Terra



Isaac Newton (1643-1727):

- pôs em causa o modelo esférico da Terra
- verificou que o comprimento do fio de um pêndulo de segundos variava com a latitude
- a Terra seria achatada nos pólos...

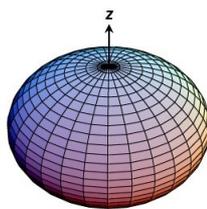
A Forma da Terra



Jacques Cassini (1677-1756):

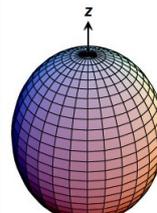
- efectuou, juntamente com o seu pai, medições de Cadeias de Triangulação Meridianas em França
- o tamanho do grau diminuía com a latitude
- a Terra seria achatada no equador...

A Forma da Terra



elipsoide
oblato

vs.



elipsoide
prolato



Em 1734 a **Academia Real das Ciências Francesa** decide resolver esta questão através da experiência:
Medição de Arcos de Meridiano junto do Equador e do Pólo Norte

A Forma da Terra

Lapónia (1736-1737):

*Pierre-Louis **Maupertius***

*Alexis-Claude **Clairaut***

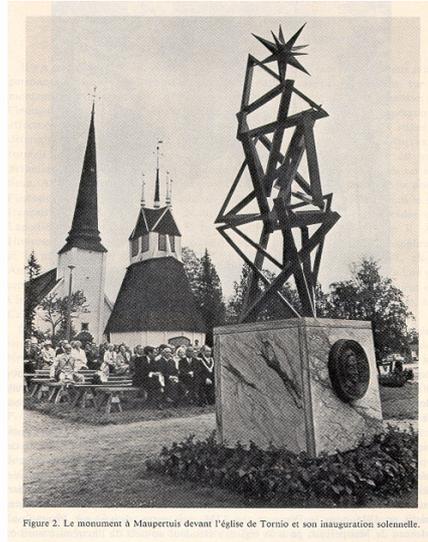


Figure 2. Le monument à Maupertius devant l'église de Tornio et son inauguration solennelle.

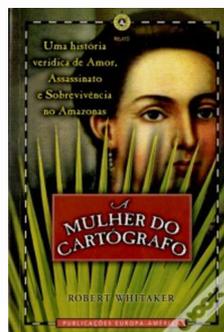
A Forma da Terra

Perú (1735-1744):

*Pierre **Bouguer***

*Charles Marie de **La Condamine***

*Louis **Godin***



A Forma da Terra



- o tamanho do grau na Lapónia era cerca de 500m maior do que o tamanho do grau de Picard, medido em França
- e no Peru era inferior



A Terra era achatada nos pólos

Arco Geodésico de Struve



Friedrich Georg Wilhelm von Struve
(1793-1864)



- 1816 - 1855
- 10 países
- mais de 2800 km
- 265 estações principais

Arco Geodésico de Struve



Património Mundial da UNESCO desde Julho de 2005

- Primeiro objecto cultural e técnico a ser incluído na Lista
- Primeira vez que mais de 2 países se juntaram para incluir património na Lista
- 34 Estações preservadas



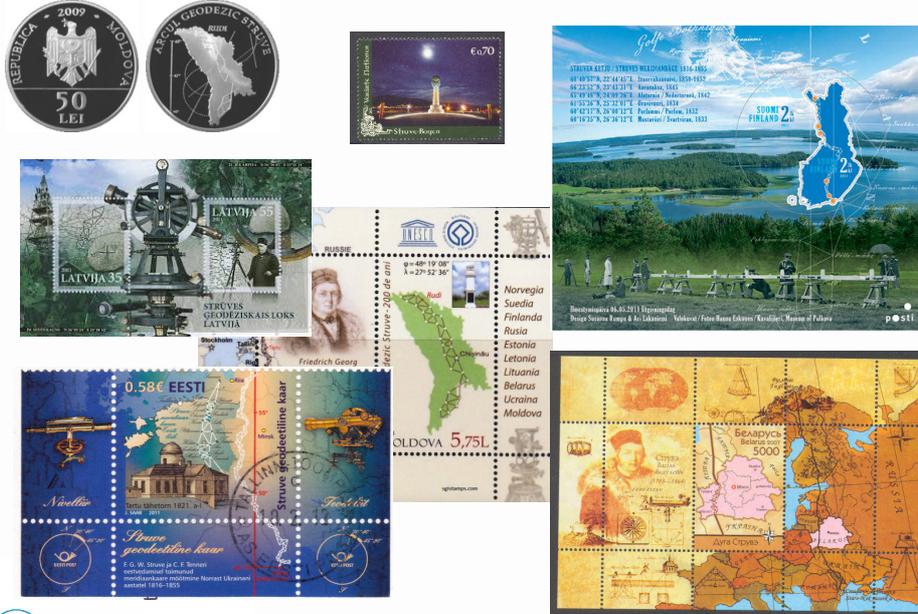
Justification for Inscription

Criterion (ii): The first accurate measuring of a long segment of a meridian, helping in the establishment of the exact size and shape of the world exhibits an important step in the development of earth sciences. It is also an extraordinary example for interchange of human values in the form of scientific collaboration among scientists from different countries. It is at the same time an example for collaboration between monarchs of different powers, for a scientific cause.

Criterion (iv): The Struve Geodetic Arc is undoubtedly an outstanding example of technological ensemble – presenting the triangulation points of the measuring of the meridian, being the non movable and non tangible part of the measuring technology.

Criterion (vi): The measuring of the arc and its results are directly associated with men wondering about his world, its shape and size. It is linked with Sir Isaac Newton's theory that the world is not an exact sphere.

Arco Geodésico de Struve



As Dimensões da Terra

Selected Reference Ellipsoids

Ellipse	Semi-Major Axis (meters)	1/Flattening
Airy 1830	6377563.396	299.3249646
Bessel 1841	6377397.155	299.1528128
Clarke 1866	6378206.4	294.9786982
Clarke 1880	6378249.145	293.465
Everest 1830	6377276.345	300.8017
Fischer 1960 (Mercury)	6378166.0	298.3
Fischer 1968	6378150.0	298.3
G R S 1967	6378160.0	298.247167427
G R S 1975	6378140.0	298.257
G R S 1980	6378137.0	298.257222101
Hough 1956	6378270.0	297.0
International	6378388.0	297.0
Krassovsky 1940	6378245.0	298.3
South American 1969	6378160.0	298.25
WGS 60	6378165.0	298.3
WGS 66	6378145.0	298.25
WGS 72	6378135.0	298.26
WGS 84	6378137.0	298.257223563

Peter H. Dana 9/1/94

A Associação Internacional de Geodesia

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



[Torres et. al, 2013]

A Associação Internacional de Geodesia

Programa científico



- ▶ Análise das triangulações existentes, incluindo bases
- ▶ Execução de novas triangulações e ligações trans-fronteiriças
- ▶ Uniformização do elipsóide de referência
- ▶ Comparação de unidades de comprimento para a adopção de um padrão comum
- ▶ Nivelamento geométrico de alta precisão e determinação do nível médio do mar
- ▶ Medições da gravidade com pêndulos
- ▶ Estabelecimento de padrões de exactidão

A Associação Internacional de Geodesia

Acordos internacionais



- ▶ 1875: Convenção do Metro
Portugal assinou em 1876



- ▶ 1884: Meridiano de Greenwich
adoptado como meridiano
origem e referência para o
Tempo Universal
Conferência Internacional do
Meridiano, Washington D.C.



A Associação Internacional de Geodesia



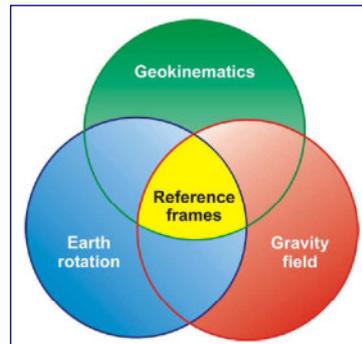
International
Association of
Geodesy

A Constituent Association of the IUGG

... advancing geodesy ...

Comissões

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



A Associação Internacional de Geodesia



International
Association of
Geodesy

A Constituent Association of the IUGG

... advancing geodesy ...

Serviços

- IDEMS** *International Digital Elevation Models Service*
- IGS** *International GNSS Service*
- BGI** *International Gravimetric Bureau*
- BIPM** *Bureau International des Poids et Mesures - Time Section*
- IBS** *International Bibliographic Service*
- ICET** *International Centre for Earth Tides*
- ICGEM** *International Centre for Global Earth Models*
- IDS** *International DORIS Service*
- IERS** *International Earth Rotation and Reference Systems Service*
- IGES** *International Geoid Service*
- IGFS** *International Gravity Field Service*
- ILRS** *International Laser Ranging Service*
- IVS** *International VLBI Service for Geodesy and Astrometry*
- PSMSL** *Permanent Service for Mean Sea Level*

