Geodesia Física

1. Objectivos: Estudo do campo gravítico. Gravimetria.

2. Programa
- a) Introdução aos Sistemas de Referência Geodésicos
- b) Fundamentos do campo gravítico.
- c) Harmónicas esféricas e modelos geopotenciais globais
- d) Campo Gravítico Normal
- e) Problema de fronteira da Geodesia Física.
- f) Gravimetria e modelação de geoide.

3. Trabalhos Práticos.
- a) 2 trabalhos de grupo (de 3 elementos) com relatório:
  - TP1 – Gradiente Vertical da Gravidade;
  - TP2 – Rede de Gravimetria do Campus da UL.

4. Avaliação
- a) Exame Teórico (50%) + Trabalhos Práticos (50%)
- b) Aprovação em cada componente com mínimo de 10 valores
- c) Assiduidade baseada na presença nas Teóricas e Praticas

Geodesia Física

4. Avaliação

- A Nota Prática Individual é calculada pela média da nota de parâmetros individuais de avaliação, pela nota dos parâmetros do grupo (relatório e objectivos) e pela assiduidade (10%).

	Grupo	Turma	E&D	Iniciativa	Capac. AIC	Interess.	Relat. I	Object.	Relat. II	Object. II	Descont.	Final
1		PL32	14,0	14,0	16,0	15,0	13,0	14,0	13,5	14,0		14,2
1		PL32	14,0	14,0	15,0	15,0	13,0	14,0	13,5	14,0		14,1
1		PL32	14,0	14,0	14,5	15,0	13,0	14,0	13,5	14,0		14,0
2		PL32	15,0	16,0	14,0	15,0	16,0	15,0	15,0	16,0		15,3
2		PL32	15,0	16,0	14,0	15,0	16,0	15,0	15,0	16,0		15,3
2		PL32	15,0	16,0	15,0	15,0	16,0	15,0	15,0	16,0		15,4
3		PL32	16,0	15,0	16,0	16,0	16,0	16,0	13,0	12,5		15,1
3		PL32	16,0	15,0	15,5	16,0	16,0	16,0	13,0	12,5		15,0
3		PL32	16,0	15,0	16,0	16,0	16,0	16,0	13,0	12,5		15,1
4		PL31	16,0	16,0	16,0	16,0	15,0	16,0	15,0	15,0		15,6
4		PL31	16,0	16,0	16,0	16,0	15,0	16,0	15,0	15,0		15,6

- A Nota Teórica corresponde ao Exame ou ao resultado final da Oral, para exames de 8,5 a 9,5 valores.

Geodesia Física

5. Bibilografia

- Heiskanen W.A. and H. Moritz (1967). Physical Geodesy. W.H. Freeman and Company , San Francisco.

- Hofmann-Wellenhof B. and H. Moritz (2005). Physical Geodesy. Springer Wien and New York.

- Torge, W. (1989). Gravimetry. de Gruyter, Berlin, New York.

- Catalão, J. (2000). Geodesia Física. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. http://enggeografica.fc.ul.pt/ficheiros/apoio_aulas/geodesia%20fisica.pdf.

- Catalão, J. e Antunes, C. (2012). Gravimetria. In Teves-Costa P., et. al. (2012), Fundamento de Geofísica - formação em E-learning para o Instituto de Meteorologia, I.P..

6. Aulas Práticass

- Estão criadas secções na Plataforma MOODLE https://moodle.ciencias.ulisboa.pt/ contém material de aulas e informação para os trabalhos práticos;
- É necessário que os alunos regularizem a sua conta de correio fc12345@alunos.fc.ul.pt , servirá como meio de contacto professor/aluno

7. Horário de apoio

- Quinta-feira, a partir das 11:00 (gabinete 8.1.53)

Introdução à Geodesia

O que é a Geodesia?

desia: DIVISÃO (gráfica) da ***geo***: TERRA

Aristóteles

- Na Grécia antiga, a Geodesia foi a base do desenvolvimento da GEOMETRIA
- Faz uma descrição (representação) da superfície da Terra, através da determinação de coordenadas de pontos representativos e descritivos da superfície
- Determina a forma e dimensão da Terra (GEÓIDE – superfície média do mar prolongada pelos continentes)

∴ **Define e implemente sistemas de referência sobre a Terra, e faz a medição da Terra, no espaço e no tempo.**

Helmert

Introdução à Geodesia

Para que serve a **Geodesia?**

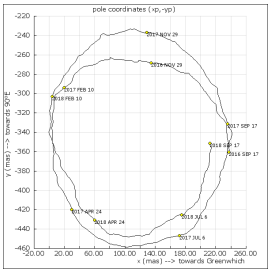
- Conhecer e medir a dinâmica da Terra (sólida);
- Conhecer e determinar o campo gravítico da Terra;
- Definir e implementar Sistemas de Referência;
- Implantar redes geodésicas de apoio à Cartografia e áreas afins;
- Apoio ao lançamento e controlo de satélites;
- Cálculo e determinação de órbitas;
- Apoio à construção de infra-estruturas (canais, barragens, pontes, túneis, diques, etc.) de grande dimensão;
- Apoio à navegação aérea e marítima;
- Definição de fronteiras regionais e nacionais;
- Determinação rigorosa de grandes áreas sobre a superfície terrestre; etc.;

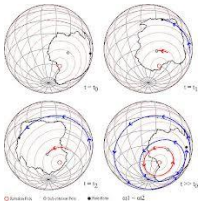
Introdução à Geodesia

Para que serve a **Geodesia?**

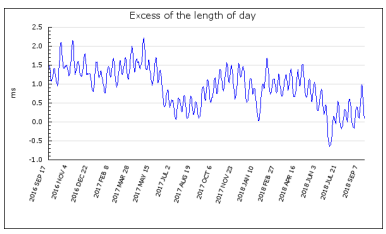
- Determinar movimentos relativos da Terra.

Movimento do Pólo





Variação da Rotação da Terra

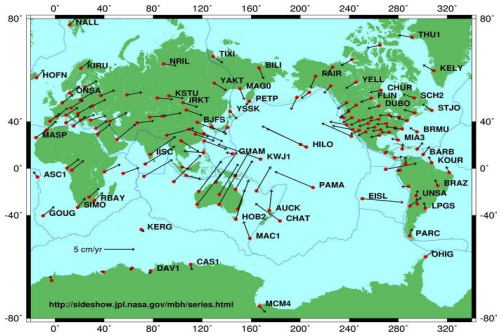


Introdução à Geodesia

Para que serve a **Geodesia?**

- Determinar movimentos relativos da Terra.

Medição das velocidades relativas das Placas Tectónicas



Introdução à Geodesia

Qual é a **forma da Terra?**

- Numa 1ª aproximação a Terra é esférica (tal como vista do espaço)

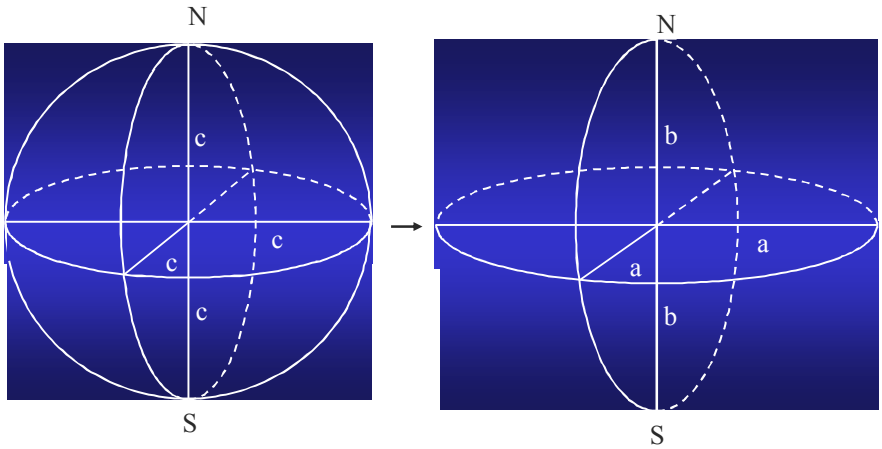
Introdução à Geodesia

Qual é a forma da Terra?

- Em 2ª aproximação a Terra é um elipsóide de revolução (achatada nos pólos)

$$\frac{X^2 + Y^2}{a^2} + \frac{Z^2}{b^2} = 1$$

Introdução à Geodesia

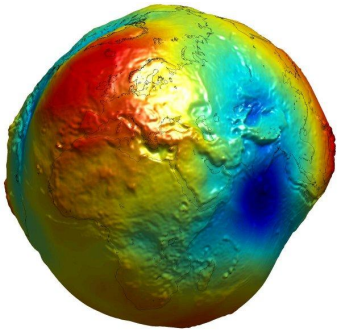


$c=(a+b)/2$

Introdução à Geodesia

Qual é a forma da Terra?

- Rigorosamente, a superfície física da Terra é definida pelo Geóide (superfície equipotencial de referência, próxima da superfície média dos oceanos)



Introdução à Geodesia

O que é o Geóide?

- Chama-se ondulação do geóide ao afastamento do Geóide em relação ao Elipsóide, segundo a sua normal;
- Varia entre os 70m acima do elipsóide no Atlântico e os 100m abaixo do Elipsóide no oceano Índico;
- As ondulações do geóide reflectem as irregularidades da crusta, mas principalmente, a variação das densidades das massas da crusta e do manto;

Introdução à Geodesia

O que é o **Geóide?**

- A ondulação do geóide é habitualmente determinado pelo Integral de Stokes (sec. XIX), através de dados de gravimetria (anomalias da gravidade, Δg).

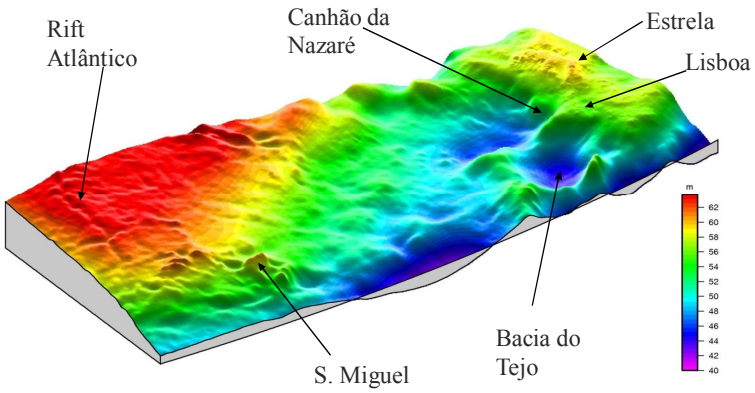
- O conhecimento do geóide permite definir, de forma exacta, todo o campo gravítico sobre a sua superfície terrestre e no exterior (para órbitas e satélites)

- Por analogia, a cartografia clássica está para a navegação terrestre, assim como:

Campo gravítico ↔ Navegação no espaço

Introdução à Geodesia

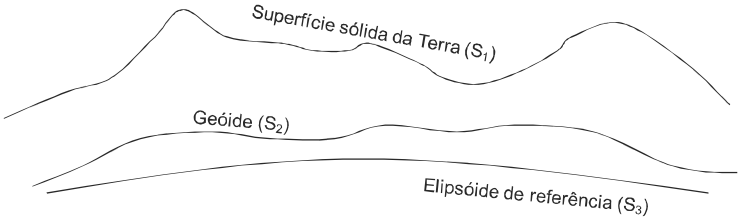
Modelo de Ondulação do **Geóide**



Introdução à Geodesia

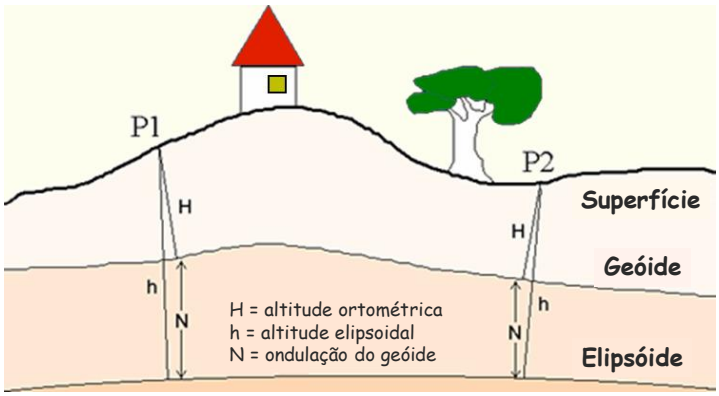
O objecto de estudo da **Geodesia**

- É necessário estudar simultaneamente três superfícies: S_1, a superfície topográfica muito irregular; S_2, o geóide, uma superfície complexa mas com realidade física; e o elipsóide de referência S_3, uma superfície fictícia mas que é necessário posicioná-la em relação à Terra.



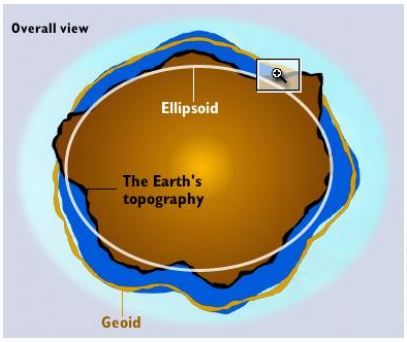
Introdução à Geodesia

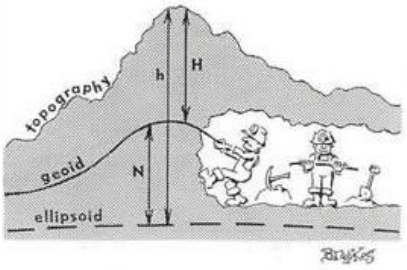
O objecto de estudo da **Geodesia**



Introdução à Geodesia

O objecto de estudo da **Geodesia**



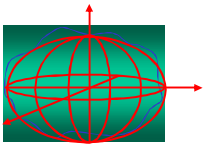


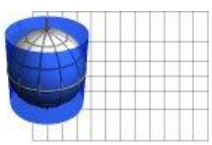
Introdução à Geodesia

Para que serve o **Elipsóide?**

- Para projectar todas as posições da superfície topográfica;
- Para efectuar os cálculos das posições de pontos de referência da geodesia (vértices geodésicos);
- É a superfície que se projecta no plano cartográfico e que reflecte a imagem da superfície topográfica sobre as cartas;

- O geodéta (ou geodesista) mede ângulos e distâncias à superfície, reduz essas medições ao elipsóide, com elas efectua cálculos para determinar posições elipsoidais (φ, λ, h), as quais servem os diferentes propósitos da geodesia e das ciências afins.





Introdução à Geodesia

Como se divide a **Geodesia?**

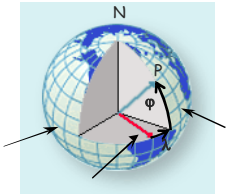
- Geodesia Física: estudo do campo gravítico e determinação de modelos numéricos do geóide;
- Geodesia Geométrica: define e implementa sistemas de referência (referenciais – redes geodésicas) sobre os quais faz posicionamento;
- Geodesia Dinâmica: mede e estuda os movimentos relativos e as variações temporais do campo gravítico terrestre;
- Geodesia Espacial: mede a Terra a partir do espaço, com satélites faz posicionamento de precisão e estuda as variações do campo gravítico, fenómenos físicos, a morfologia e as sua dinâmica

Introdução à Geodesia

Como faz a **Geodesia?**

Define coordenadas curílíneas sobre a esfera (geográficas), sobre o elipsóide (geodésicas) ou sobre o geóide (astronómicas)

- Latitude
- Longitude
- Altitude

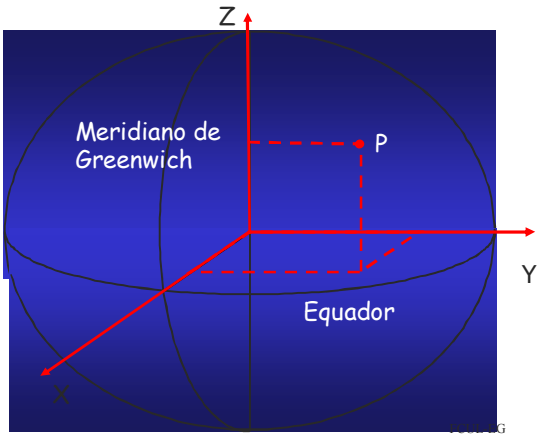


Introdução à Geodesia

Como faz a Geodesia?

Define coordenadas cartesianas geocêntricas

$$x_p = (N + h_p)\cos\varphi_p \cos\lambda_p$$
$$y_p = (N + h_p)\cos\varphi_p \sin\lambda_p$$
$$z_p = \left[N(1 - e^2) + h_p\right]\sin\varphi_p$$

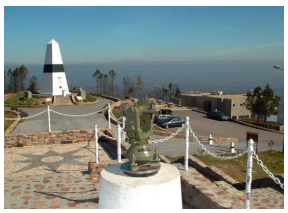


Introdução à Geodesia

Como faz a Geodesia?

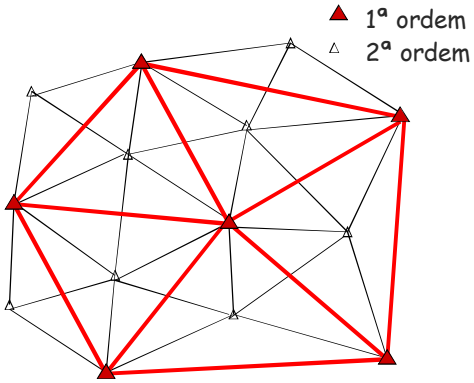
Estabelece redes de pontos cujas coordenadas são determinadas com grande precisão: Vértices geodésicos

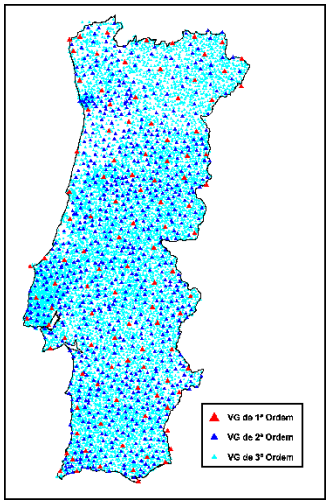
- As coordenadas são determinadas pelos serviços nacionais de geodesia (IGP, DGT)
- São materializados no terreno por marcos geodésicos



Introdução à Geodesia

Rede geodésica nacional



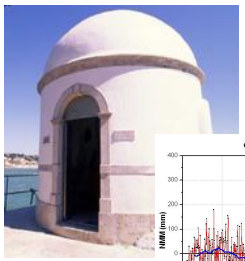


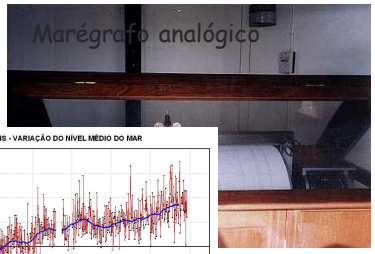
Introdução à Geodesia

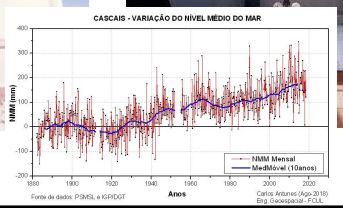
Como faz a Geodesia?

Estabelece a referência vertical - datum altimétrico – através da medição do nível médio do mar

Casa abrigo do marégrafo analógico



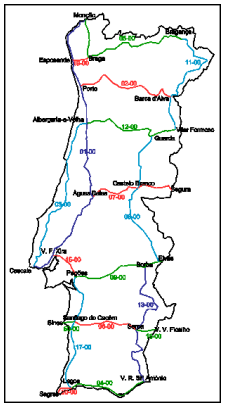




Introdução à Geodesia

Como faz a Geodesia?

A partir da referência altimétrica (marégrafo Cascais) transporta as altitudes para todo o território através de linhas de nivelamento geométrico de alta precisão

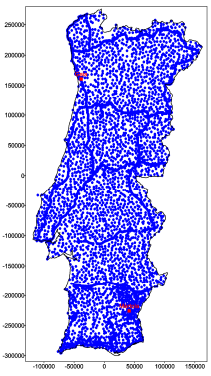


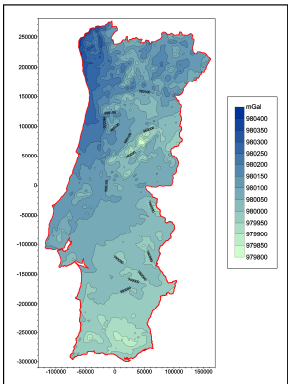
Introdução à Geodesia

Como faz a Geodesia?

Estabelece redes gravimétricas usadas para determinar o Geóide, para corrigir o nivelamento geométrico e para estabelecer o campo de valores de gravidade absoluta

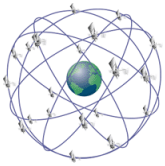
(usado, por exemplo, para calibrar as balanças ao longo do país, etc.)





Introdução à Geodesia

Como faz a Geodesia?



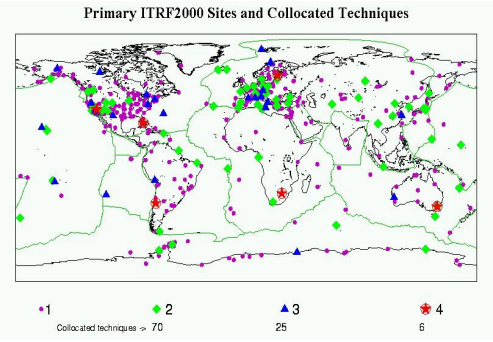
Usa as tecnologias mais avançada de posicionamento e navegação, o GNSS, para estudos de geodinâmica e trabalhos de Engenharia:

- GPS
- GLONASS
- GALILEO

Introdução à Geodesia

Como faz a Geodesia?

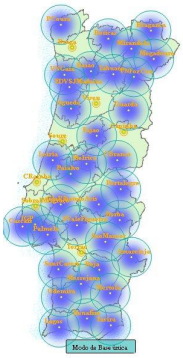
Constrói e mantém redes globais de estações permanente munidas de uma ou mais técnica de observação espacial (GNSS, VLBI, SLR, DORIS) para monitorizar a dinâmica da Terra.



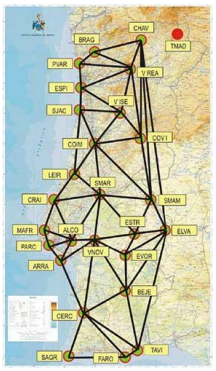
Como faz a Geodesia?

Constrói e mantém redes nacionais de estações permanente GNSS para posicionamento cinemático em tempo real (RTK), de apoio à Cartografia, à Topografia, à Hidrografia e às obras de Engenharia

RENEP (IGP)

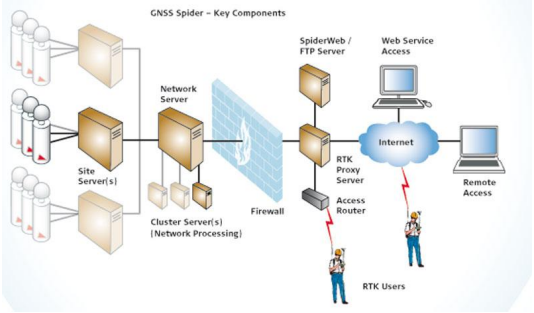


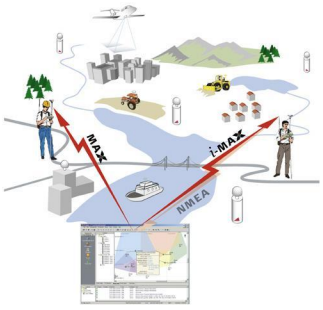
SERVIR (IgeoE)



Como faz a Geodesia?

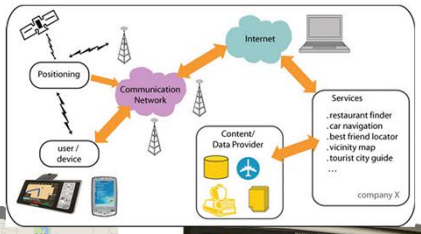
Arquitetura de uma Rede GPS RTK

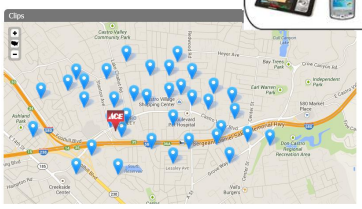




Introdução à Geodesia

Geolocalização: uma utilidade da Geodesia





Serviços Baseados na Localização - LBS