

Universidade Presbiteriana Mackenzie

Laboratório de Geotecnologias

(<http://labgeo.mackenzie.br>)

Conceitos Básicos de Geodésia

Prof. Dr. Sergio Vicente Denser Pamboukian

Laboratório de Geotecnologias da UPM
Prof. Dr. Sergio Vicente D. Pamboukian

Geodésia

- Geodésia é a ciência que estuda a forma, as dimensões, o campo de gravidade da Terra e suas variações temporais.
- A complexidade da geometria e da distribuição da massa terrestre conduzem a utilização de dois modelos: o elipsoidal (matemático) e o geoidal (equipotencial).
- A determinação das coordenadas de pontos na superfície terrestre e a descrição do campo de gravidade externo envolvem três superfícies: a superfície física da Terra, a superfície geoidal e a superfície elipsoidal

Laboratório de Geotecnologias da UPM
Prof. Dr. Sergio Vicente D. Pamboukian

Coordenadas Geográficas



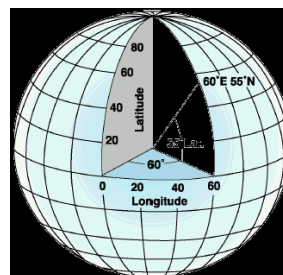
- Latitude: Ângulo com o Equador
90° Norte – 0° (Equador) – 90° Sul
- Longitude: Ângulo com o Meridiano Principal (Greenwich)
180° Oeste – 0° (Greenwich) – 180° Leste

Fonte: adaptado de Seixas e Ferreira (2011)

Laboratório de Geotecnologias da UPM
Prof. Dr. Sergio Vicente D. Pamboukian

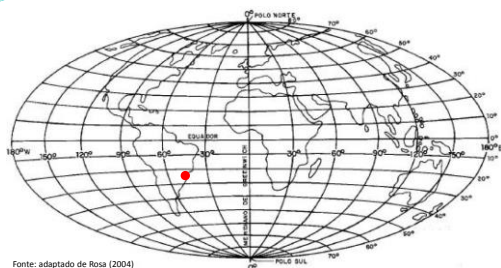
Latitude (NS) e Longitude (EW)

Paralelos e Meridianos



Fonte: Baptista (2009)

Laboratório de Geotecnologias da UPM
Prof. Dr. Sergio Vicente D. Pamboukian



Fonte: adaptado de Rosa (2004)

São Paulo

- Latitude -23°32'51" ou 23°32'51"S
- Longitude -46°37'33" ou 46°37'33"W
- Altitude 730m

Vídeo

Laboratório de Geotecnologias da UPM
Prof. Dr. Sergio Vicente D. Pamboukian

Declinação Magnética

Em uma bússola, uma das extremidades da agulha aponta para um ponto do globo terrestre chamado de **polo norte magnético** e a outra para o **polo sul magnético**. A Terra, na sua rotação diária, gira em torno de um eixo virtual; os pontos de encontro deste eixo com a superfície terrestre chamam-se **polo norte** e **polo sul verdadeiros ou geográficos**. Em geral, os polos magnéticos e verdadeiros não coincidem, a não ser acidentalmente em algumas posições do globo. O ângulo entre a direção norte-sul magnética e a direção norte-sul verdadeira é chamado de **declinação magnética local**.

Fonte: Borges (1977)

Declinação Magnética

A declinação magnética local varia de acordo com diversos fatores: deslocamento do polo norte magnético em torno do polo norte verdadeiro com o passar do tempo, tempestades magnéticas, grandes massas minerais do subsolo, etc.

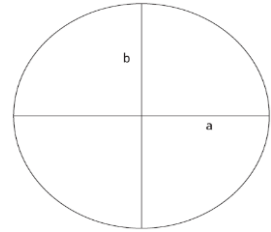
Fonte: Borges (1977)

Hoje é possível calcular facilmente a declinação magnética de um determinado local em uma determinada época. No site do National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), por exemplo, existe uma calculadora online para o cálculo de declinação magnética, entre outras coisas.

<http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/>

Elipsoide WGS84

$$\begin{aligned} a &= 6378137 \\ b &= a(1 - f) \\ &= 6356752.31424518 \\ f &= \frac{1}{298.257223563} \\ e &= \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}} \\ e' &= \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{b^2}} \end{aligned}$$

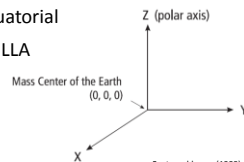


f = achatamento
 e = excentricidade (círculo = 0)

Fonte: µ-blox ag (1999)

Coordenadas Planas

- ECEF (Earth-Centered, Earth-Fixed)
- Origem no centro de gravidade da Terra (Earth-Centered)
- Eixos rotacionam com a Terra (Earth-Fixed)
- Eixo z aponta para o Pólo Norte
- Eixos x e y definem o Plano Equatorial
- Fórmulas de Conversão ECEF / LLA



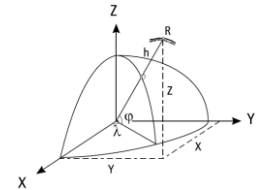
Fonte: µ-blox ag (1999)

Conversão LLA para ECEF

$$\begin{aligned} X &= (N + h) \cos \varphi \cos \lambda \\ Y &= (N + h) \cos \varphi \sin \lambda \\ Z &= \left(\frac{b^2}{a^2} N + h\right) \sin \varphi \end{aligned}$$

where

φ = latitude
 λ = longitude
 h = height above ellipsoid (meters)
 N = Radius of Curvature (meters), defined as:
$$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}}$$



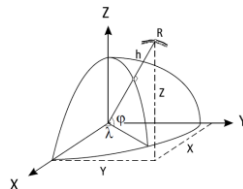
Fonte: µ-blox ag (1999)

Conversão ECEF para LLA

$$\begin{aligned} \lambda &= \arctan \frac{Y}{X} \\ \varphi &= \arctan \frac{Z + e'^2 b \sin^3 \theta}{p - e'^2 a \cos^3 \theta} \\ h &= \frac{p}{\cos \varphi} - N \end{aligned}$$

Where auxiliary values are:

$$\begin{aligned} p &= \sqrt{X^2 + Y^2} \\ \theta &= \arctan \frac{Za}{pb} \end{aligned}$$

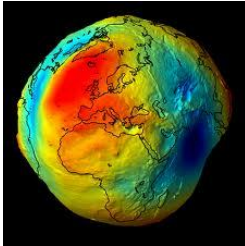


Fonte: µ-blox ag (1999)

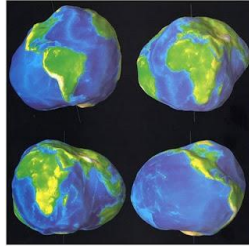
A Terra vista do espaço



A verdadeira Terra



Geoide (com exagero)
Fonte: ESA (Agência Espacial Europeia)
Video

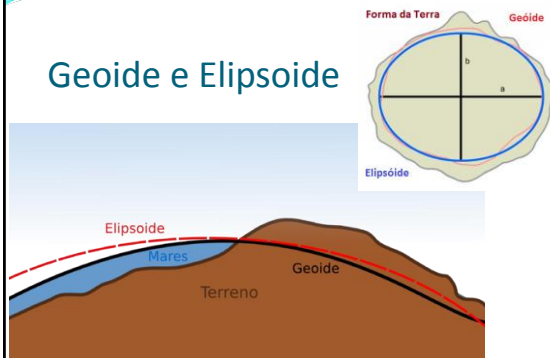


Formato real da Terra ao serem eliminados os oceanos (com exagero)
Video

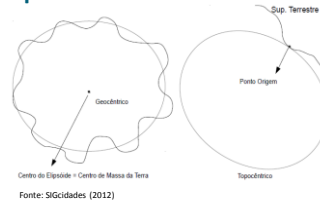
Formato da Terra

- Devido ao movimento de rotação, a Terra não possui uma forma perfeitamente esférica, mas assemelha-se a um elipsoide de revolução.
- Possui um diâmetro equatorial de 12.756,78 km e um raio médio de 6.371,2 km.
- Geoide – Terra representada por uma superfície fictícia definida pelo prolongamento do nível médio não perturbado dos mares por sobre os continentes (superfície equipotencial).
- Elipsoide – Terra representada por uma superfície gerada a partir de um elipsoide de revolução, com deformações relativamente maiores que o modelo geoidal.

Geoide e Elipsoide



Elipsoides Global e Local



- Elipsoide Global (Geocêntrico) – ponto de referência (origem) é o Centro de Massa da Terra
- Elipsoide Local (Topocêntrico) – ponto de referência (origem) é definido sobre a superfície terrestre (Datum)

Datum

- É o ponto de referência padrão, um ponto de origem pré-determinado por um Sistema Geodésico a partir do qual se determinam as distâncias, altitudes e aceleração da gravidade dos demais pontos em um mapa ou carta.
- Por definição é uma localidade onde ocorre a intersecção da superfície do Elipsoide e a superfície do Geoide, tornando o Desvio Vertical nulo ou mínimo e as coordenadas geográficas (reais) e geodésicas (do elipsoide) iguais, diminuindo assim ao máximo a propagação de erros ao se efetuar cálculos e ao elaborar algum trabalho.

Exemplo: datum SAD69

- O South American Datum (SAD), oficializado para uso no Brasil em 1969, é representado pelo vértice Chuá, situado próximo à cidade de Uberaba/MG.
- Elipsoide South American 1969:
 - $a = 6.378.160 \text{ m}$ – é a dimensão que representa o semieixo maior do elipsoide (em metros).
 - $b = 6.356.775 \text{ m}$ – é a dimensão que representa o semieixo menor do elipsoide (em metros).
 - $f = 1 - b/a = 1/298,25$ – é a relação entre o semieixo menor e o semieixo maior do elipsoide, ou seja, o seu achatamento.
 - Este elipsoide é idêntico ao Aust_SA (Australian National) e ao GRS 1967 ou International 1967.

Outros Data (plural de Datum)

- **Córrego Alegre:**
 - Elipsóide: Internacional de Hayford de 1924
 - Origem: Topocêntrico
 - Ponto Datum: Vértice Córrego Alegre (MG)
- **SAD69:**
 - Elipsóide: Internacional de 1967
 - Origem: Topocêntrico
 - Ponto Datum: Vértice Chuá (MG)
- **SIRGAS2000:**
 - Elipsóide: GRS-80
 - Origem: Geocêntrico
 - Ponto Datum: Centro de Massa da Terra
- **WGS84: (GPS)**
 - Elipsóide: GRS-80
 - Origem: Geocêntrico
 - Ponto Datum: Centro de Massa da Terra

Fonte: SIGidades (2012)

Datum Altimétrico

- Além do Datum Planimétrico, existe também o Datum Altimétrico utilizado para a determinação de altitudes.
- No Brasil são utilizados os seguintes Data Altimétricos:
 - Imbituba - correspondente ao nível médio determinado por um marégrafo instalado no Porto de Imbituba (SC), utilizada como origem para toda rede altimétrica nacional à exceção do estado do Amapá;
 - Porto de Santana - correspondente ao nível médio determinado por um marégrafo instalado no Porto de Santana (AP) para referenciar a rede altimétrica do Estado do Amapá que ainda não está conectada ao restante do País.

Fonte: SIGidades (2012)

Uso de diferentes Sistemas de Referência de Coordenadas (SRC)



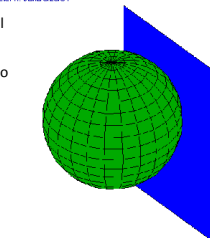
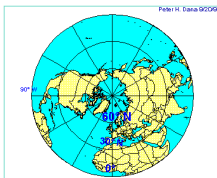
Projeções

- A Terra é praticamente uma esfera (3D) e os mapas são planos (2D), por isso são necessárias as projeções.
- As projeções introduzem erros na representação:
 - forma, área, distância, direção, etc.
- Tipos:
 - Cilíndrica
 - Azimutal
 - Cônica
 - Outras

Projeção Azimutal

Peter H. Dana 9/2004

- Projeção num plano
- Apenas parte da superfície da terra é visível
- A visão será metade do globo ou menos
- Distorção ocorre nos quatro cantos do plano
- Distância é preservada na maior parte



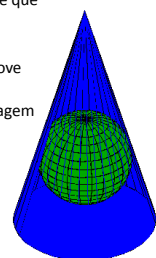
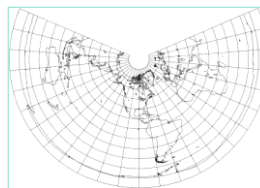
Planar Projection Surface

Fonte: Dana (2008)

Projeção Cônica

Peter H. Dana 9/2004

- A superfície da terra é projetada num cone que envolve o globo.
- Área é distorcida
- Distância é muito distorcida quando se move para baixo da imagem
- Escala é preservada na maior parte da imagem



Conical Projection Surface

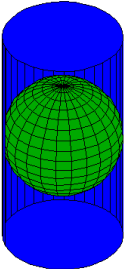
Fonte: Dana (2008)

Laboratório de Geotecnologias da UPM
Prof. Dr. Sérgio Vicente D. Pambojian

Projeção Cilíndrica

Peter H. Dana 9/2004

- A superfície da Terra é projetada num cilindro que envolve o globo (Mercator)
- Imagem contínua da Terra
- Países perto do equador têm verdadeiras posições relativas
- A visão dos pólos é bastante distorcida
- Área é preservada em grande parte
- Mantém escala, forma, área para pequenas regiões.



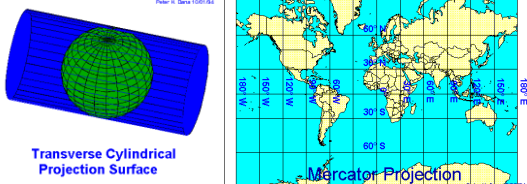
Cylindrical Projection Surface

Fonte: Dana (2008)

Laboratório de Geotecnologias da UPM
Prof. Dr. Sérgio Vicente D. Pambojian

Universal Transverse Mercator

- Minimiza a distorção das direções em prejuízo da distância e da área



Transverse Cylindrical Projection Surface

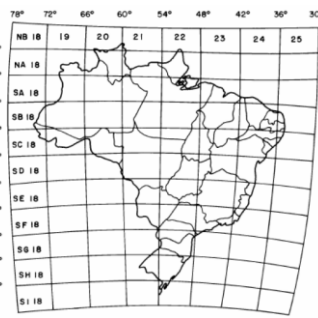
Mercator Projection

Fonte: Dana (2008)

Laboratório de Geotecnologias da UPM
Prof. Dr. Sérgio Vicente D. Pambojian

Projeção UTM

- Terra dividida em 60 fusos (zonas) de 6° de longitude cada um
- Divisão da latitude em zonas de 4°
- A cidade de São Paulo está na Zona SF23

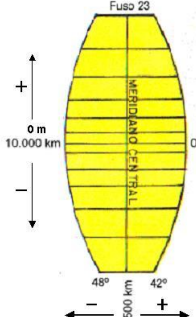


Fonte: Câmara, Davis e Monteiro (2003)

Laboratório de Geotecnologias da UPM
Prof. Dr. Sérgio Vicente D. Pambojian

Coordenadas UTM

- Os eixos cartesianos de origem são o Equador (X) e o meridiano central de cada zona (Y).
- No hemisfério Norte, o Equador possui referência 0km e as coordenadas Y crescem em direção ao Norte.
- No hemisfério Sul, o Equador possui referência 10.000km e as coordenadas Y decrescem em direção ao Sul (para evitar valores negativos).
- O meridiano central de cada zona possui referência 500km, com coordenadas X crescendo na direção E (leste) e decrescendo na direção W (oeste), para evitar valores negativos a oeste do meridiano central.



Fuso 23

0 m

10.000 km

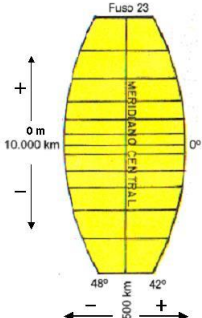
48° 42°

500 km

Laboratório de Geotecnologias da UPM
Prof. Dr. Sérgio Vicente D. Pambojian

Coordenadas UTM

- O sistema UTM é limitado pelos paralelos 80° S e 84° N, pois acima disto as deformações são muito grandes
- No sistema UTM as mesmas coordenadas métricas N e E repetem-se em todas as 60 zonas, por isso é importante a indicação da Zona UTM
- Exemplo de coordenadas UTM: Zona 23S, S 7.394.470, E 824.360
- Neste exemplo, o ponto referenciado acha-se entre 48°W e 42°W (zona 23), 324.360 m a leste do meridiano central (no caso 45° W) e 2.605.530 m ao sul do Equador



Fuso 23

0 m

10.000 km

48° 42°

500 km

Laboratório de Geotecnologias da UPM
Prof. Dr. Sérgio Vicente D. Pambojian

Códigos EPSG (European Petroleum Survey Group)

- Um código EPSG engloba elipsoide, datum, projeção, etc.
- Sistema de Coordenadas Geográficas (longlat):
 - Córrego Alegre 1961 (EPSG: 5524)
 - Córrego Alegre 1970-72 (EPSG: 4225)
 - SAD69 até 1995 (EPSG: 4291)
 - SAD69 após 1995 (EPSG: 4618)
 - SIRGAS2000 (EPSG: 4674)
 - WGS84 (EPSG: 4326) – usado no Google Earth e no GPS
 - WGS84 / Pseudo Mercator (EPSG: 3857) – usado no Google Maps
- Sistema Projetado de Coordenadas:
 - SAD69 / UTM Zone 23S até 1995 (EPSG: 29183)
 - SAD69 / UTM Zone 23S após 1995 (EPSG: 29193)
 - SIRGAS 2000 / UTM Zone 23S (EPSG: 31983)

Laboratório de Geotecnologias da UPM
Prof. Dr. Sergio Vicente D. Pambockian

SRC no QGIS

Utiliza strings no padrão Proj4:

- Sistema de Coordenadas Geográficas (longlat):
 - SAD69 (até 1995) longlat
+proj=longlat +ellps=aust_SA +towgs84=-66.87,4.37,-38.52
 - SAD69 (após 1995) longlat
+proj=longlat +ellps=aust_SA +towgs84=-67.35,3.88,-38.22
- Sistema Projetado de Coordenadas:
 - SAD69 (após 1995) / UTM Zona 23S
+proj=utm +zone=23 +south +units=m +ellps=aust_SA +towgs84=-67.35,3.88,-38.22
 - SIRGAS2000 / UTM Zona 23S
+proj=utm +zone=23 +south +units=m +ellps=GRS80 +towgs84=0,0,0,0,0,0,0 +no_defs

Laboratório de Geotecnologias da UPM
Prof. Dr. Sergio Vicente D. Pambockian

Carta Internacional do Mundo ao Milionésimo - CIM

Ceografia UFSM
www.ufsm.br/cartografia
autor: João Henrique Sousa

Laboratório de Geotecnologias da UPM
Prof. Dr. Sergio Vicente D. Pambockian

CIM – Índice de Nomenclatura e Articulação de Folhas

Ceografia UFSM
www.ufsm.br/cartografia
autor: João Henrique Sousa

Laboratório de Geotecnologias da UPM
Prof. Dr. Sergio Vicente D. Pambockian

CIM – Índice de Nomenclatura e Articulação de Folhas

Exemplo: SF.23-V-C-II-3

Ceografia UFSM
www.ufsm.br/cartografia
autor: João Henrique Sousa

Laboratório de Geotecnologias da UPM
Prof. Dr. Sergio Vicente D. Pambockian

IBGE - Folha SF.23-V-C-II-3

Laboratório de Geotecnologias da UPM
Prof. Dr. Sergio Vicente D. Pambockian

Referências

- BAPTISTA, C. S. **Sistemas de Informações Geográficas**. UFCG: 2009. Disponível em: <http://www.dsc.ufcg.edu.br/~baptista/cursos/SIG/>. Acesso em: 12 nov. 2011.
- BORGES, A. C. **Topografia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.
- CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2003. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>. Acesso em: 11 fev. 2011.
- DANA, P. H. **The Map Projection Overview**. 2008. Disponível em: <http://www.pdana.com/PHDWWW.htm>. Acesso em: 21 set. 2012.
- SEIXAS, M. J. F.; FERREIRA, F. M. F. C. **Estatística ambiental e tecnologias de informação geográfica**. Universidade Nova de Lisboa: 2011.
- μ-BLOX AG. **Datum Transformations of GPS Positions - Application Note**. 05 jul. 1999. Disponível em: <http://microem.ru/files/2012/08/GPS.G1-X-00006.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2011.
- ROSA, R. **Cartografia Básica**. UFSCAR: fev. 2004. Disponível em: <http://www.ufscar.br/~debe/geo/paginas/tutoriais/pdf/cartografia/Cartografia%20Basica.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2011.
- SIGCIDADES. **Apresentação do Sistema Geodésico Brasileiro**. 2012. Disponível em: <http://www.uff.br/sigcidades/index.php/home-3>. Acesso em: 01 jun. 2015.