



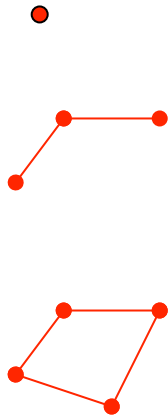
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Sistemas de Referência Espacial

Lubia Vinhas

Universo de Representação

■ Vetorial

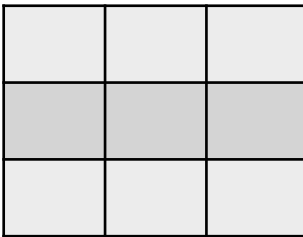


■ Matricial

10	2	1	5
6	3	4	10
3	10	94	3
11	2	7	0

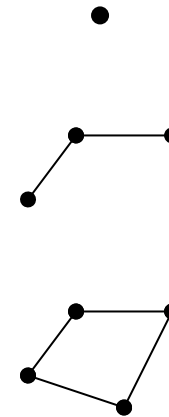
Representação

Dado matricial



Como esses dados são tratados digitalmente?
Onde está representado:
o quê e onde?

Dado vetorial



Dados geográficos digitais

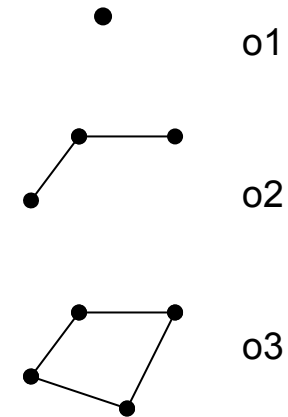
Dado matricial

0	0	0
10	10	10
30	30	30

altimetria, radiância, etc...

O quê?

Dado vetorial



rio, cidade,
unidade da
paisagem, etc.

ID	Atr1	Atr2
o1	10.4	xxxx
o2	21.7	yyyy
o3	23.8	zzzz

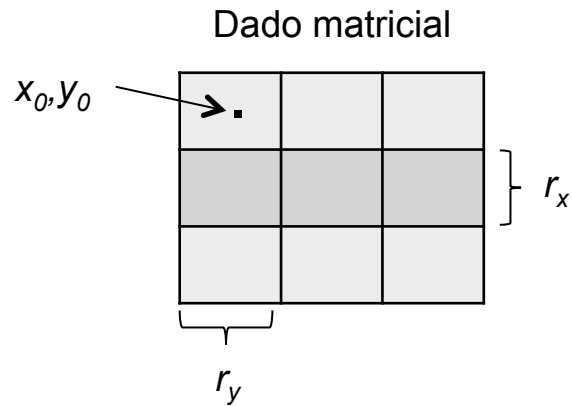
Localização

Três pessoas foram ao campo, com diferentes equipamentos GPS, para localizar 2 pontos de interesse e voltaram com as seguintes medições:

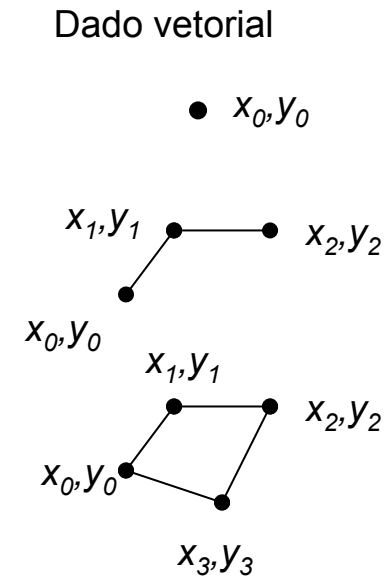
	PESSOA 1		PESSOA 2		PESSOA 3	
	X	Y	X	Y	X	Y
P2	-42.3591666667	-23.3194444444	770061.694961	7418652.21437	1189337.72907	-2627767.87227
P3	-43.0166666667	-29.5347222222	692193.800396	6731129.17863	1063065.76762	-3318803.38603

- Qual delas fez as medições certas?
- Quais desses pontos caem dentro do perímetro de uma dada fazenda?
- Qual a cena CBERS-2B que recobre essa área?

Dados geográficos digitais



Onde?



Mas em que sistema de referência estão essas coordenadas?

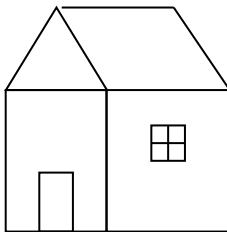


MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Sistemas de Referência Espaciais

Natureza dos dados espaciais

- Dados espaciais caracterizam-se especificamente pelo atributo da **localização geográfica** estabelecida quando:
 - possível descrevê-lo em relação a outro objeto cuja posição seja conhecida
 - possível descrevê-lo em um certo **sistema de coordenadas**



Minha casa

Long: 45° 53' 24.00" O

Lat: 23° 11' 74.01" S

Moro abaixo e a
esquerda da Torre
Eiffel



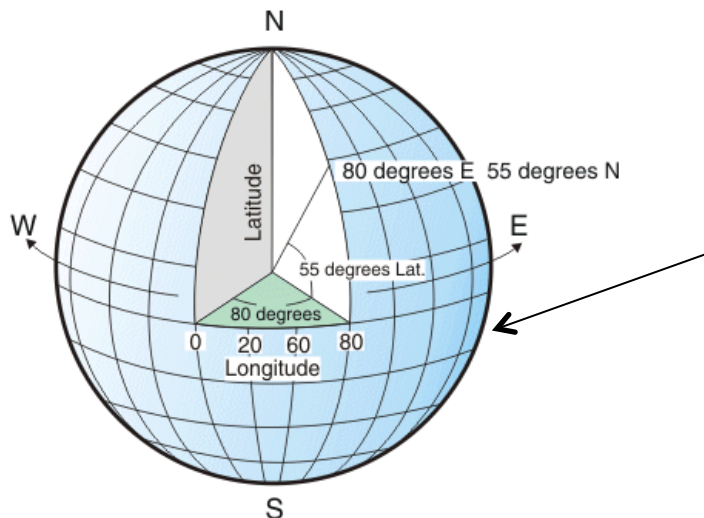
Torre Eiffel

Long: 2° 17' 54.01" L

Lat: 48° 53' 33.24" N

Sistema de coordenadas geográficas

- É o sistema de coordenadas mais antigo. Nele, cada ponto da superfície terrestre é localizado na interseção de um **meridiano** com um **paralelo**, definidos sobre uma superfície de referência



Mas qual é essa superfície de referência?

É uma esfera?

É uma elipse?

Quais suas dimensões?

Qual a forma da Terra?

Esse sistema é absoluto?

Conceitos de Geodésia

A **Geodésia** é a ciência que se encarrega da determinação da forma e das dimensões da Terra

Antigamente acreditava-se que a Terra era uma esfera.

Evolução da Física e Gravimetria chegou-se a conclusão de que a terra era achatada, ou um elipsóide (achatamento definido por gravimetria)

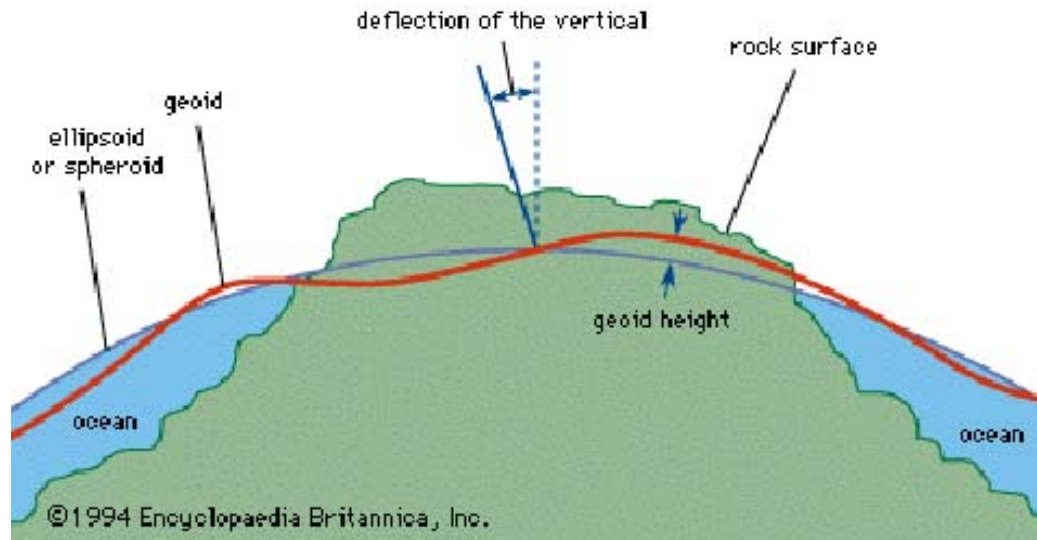
Século XIX – Legendre e Gauss provaram que estava havendo um erro quanto a forma da Terra. Concluíram que a Terra não era uma elipsóide mudando novamente o conceito da figura da Terra, mais tarde este novo conceito foi chamado de **Geóide**

Conceitos de Geodésia

Geodésia trata da determinação das dimensões e da forma da Terra

Geóide é aceito como figura matemática da Terra

Superfície equipotencial do campo gravitacional da Terra que mais se aproxima do nível médio dos mares

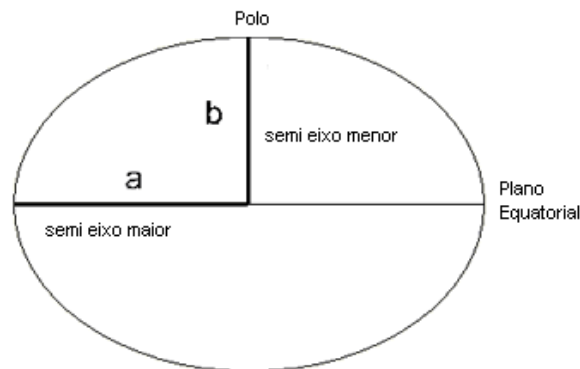


Conceitos de Geodésia

Na prática o geóide não é conhecido globalmente: faltam estações gravimétricas em todo planeta e equações complexas

Surge uma superfície de referência mais adequada à Terra real, ou seja, tratável matematicamente: **Elipsóide de Referência** ou Terra Cartográfica

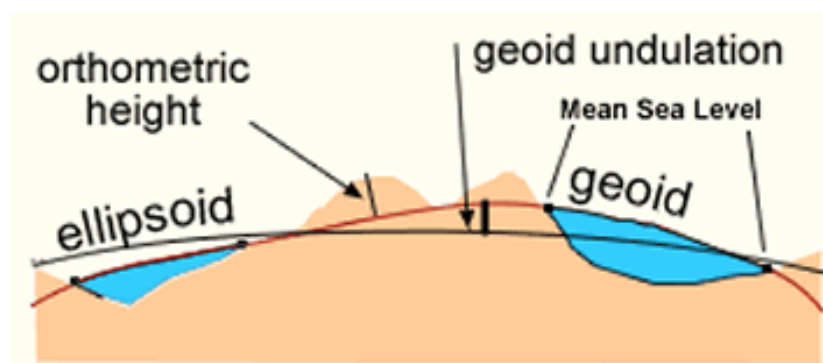
Um elipsóide é caracterizado por seus semi-eixos maior (raio Equatorial) e menor (achatamento dos polos)



Datum planimétrico

É composto por uma superfície de referência posicionada em relação à Terra real;

O procedimento prático de estabelecer uma referência geodésica começa com a seleção arbitrária de um ponto conveniente para o Datum e de sua representação na superfície de um elipsóide escolhido

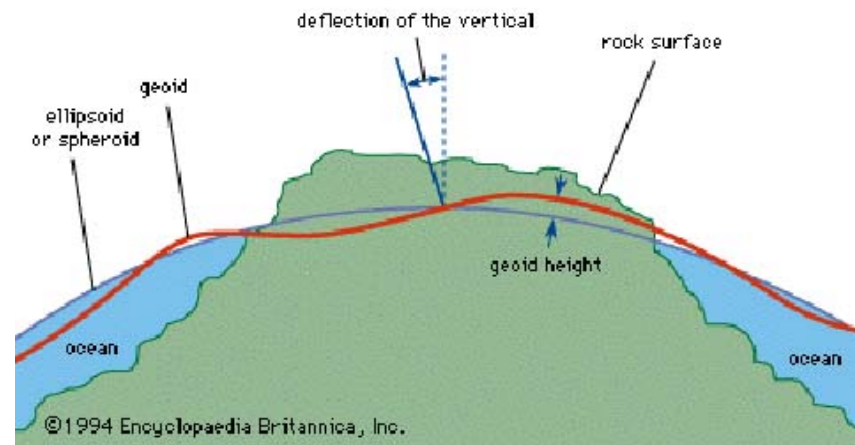
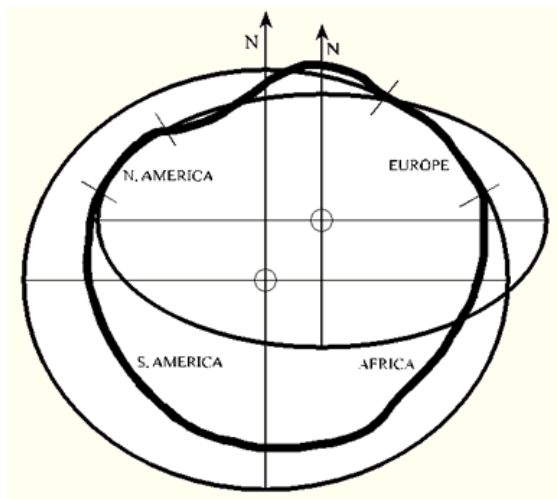


Datum planimétrico

Seleciona-se o elipsóide de referência mais adequado à região

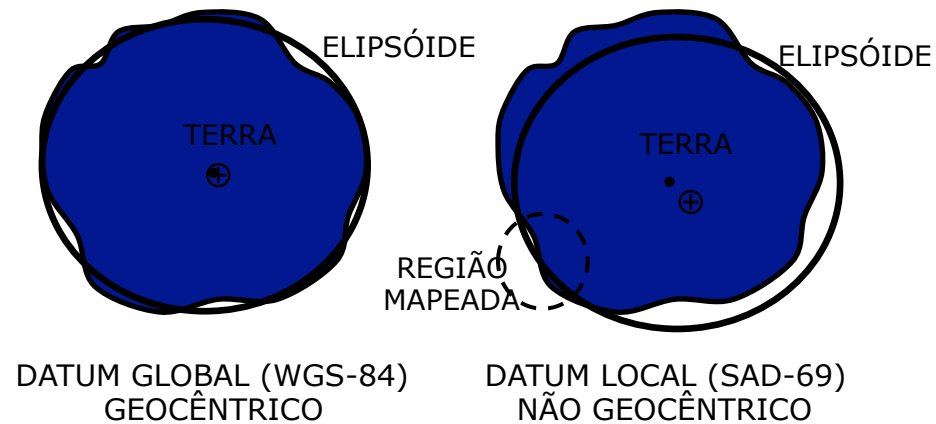
Posiciona-se o elipsóide em relação à Terra real – preservando o paralelismo entre o eixo de rotação da Terra e do elipsóide

Escolhe-se um ponto central (origem) no país ou região e faz-se a anulação do desvio da vertical



Datum planimétrico

Pode ser global (o centro do elipsóide coincide com o centro de massa da Terra) ou local (o centro do elipsóide está deslocado do centro da Terra)



Mensagem importante: as Coordenadas Geográficas, dependem de um Datum planimétrico, pois ele define a referência para os meridianos e paralelos.

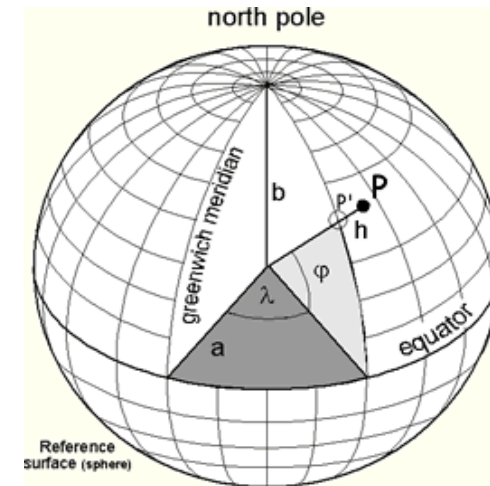
Sistema de coordenadas geográficas

Latitude geodésica ou geográfica

ângulo entre a normal à superfície de referência (elipsóide ou esfera), no ponto em questão, e o plano do equador. Varia de 0° a 90° (norte ou sul)

Longitude geodésica ou geográfica

ângulo entre o meridiano que passa pelo ponto e o meridiano origem (Greenwich, por convenção).
Varia 0° a 180° (leste e oeste)



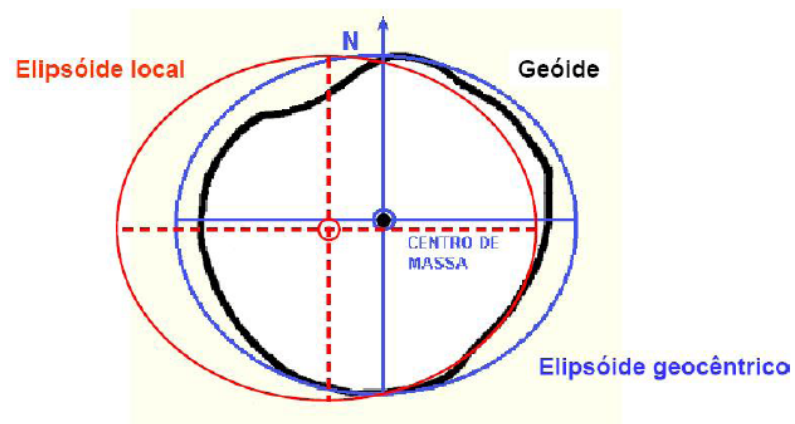
φ – latitude geodésica (graus)
 λ – longitude geodésica (graus)
 h – altitude elipsoidal (metros)

Datum usados no Brasil

- Legalmente:
 - **SAD69** - South American Datum 1969
 - **SIRGAS2000** - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
- Também é comum encontrar cartas topográficas que referem-se à **Córrego Alegre**, o antigo Datum brasileiro
- 25 de fevereiro de 2005: SIRGAS2000 foi oficialmente adotado como o novo sistema de referência geodésico para o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) e para o Sistema Cartográfico Nacional (SCN)
- Foi também definido um período de transição, não superior a 10 anos, onde o sistema novo (SIRGAS2000) e os antigos (SAD 69, Córrego Alegre) poderão ser utilizados concomitantemente.
- Depois de passado o período de transição, o SIRGAS2000 será o único sistema geodésico de referência legalizado no país.

Datum usados no Brasil

- Diferenças entre o SAD69 e o SIRGAS2000:
 - SAD69 é um sistema de referência topocêntrico que tem como referência um ponto na superfície da Terra
 - SIRGASS2000 é geocêntrico que tem como referência um ponto no centro de massa da Terra
 - SIRGASS2000 atende a uma necessidade de compatibilização com o sistema de posicionamento GPS, que também é geocêntrico

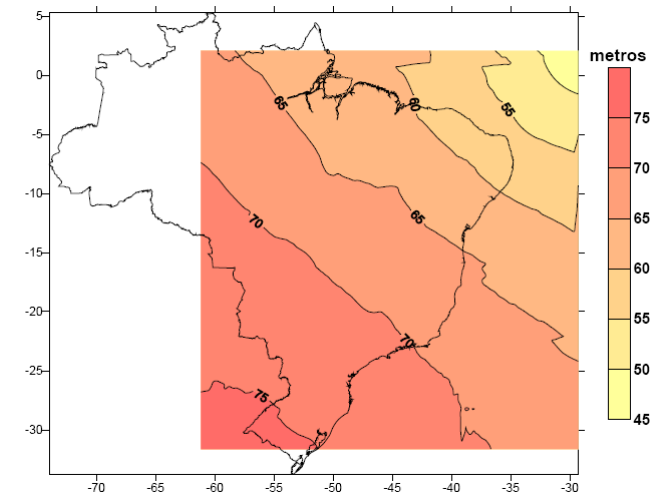
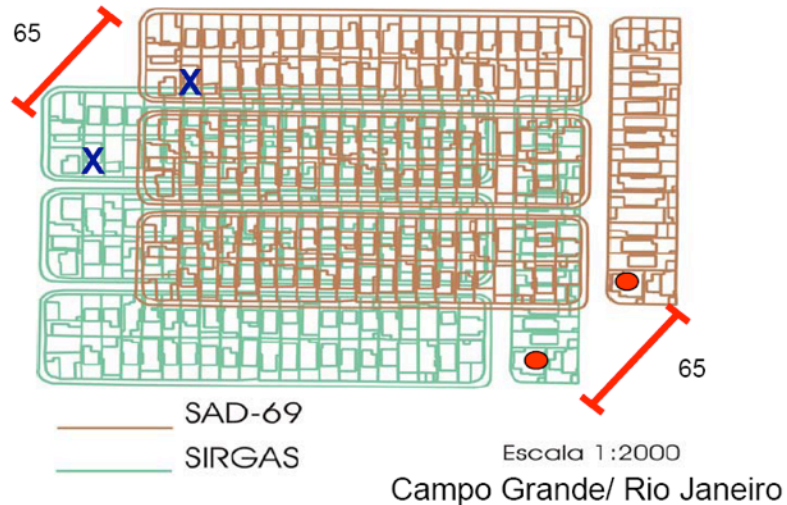


Outros Datum

- Locais
 - SAD69, Córrego Alegre, NAD27, Indian...
- Globais
 - WGS84, SIRGAS, NAD83...
- WGS84 e SIRGAS200 são praticamente idênticos, pois utilizam o mesmo elipsóide de referência (GRS80), com alguns centímetros de diferença no valor do achatamento.

Erros de Posicionamento

- Dados em coordenadas geodésicas, em diferentes Datum, podem gerar erros de posicionamento
- Por exemplo, um mapeamento realizado em SAD69 e outro em SIRGAS2000 não podem ser mostrados no mesmo mapa sem que seja feito algum tratamento



Fonte: <http://www.pign.org/PIGN3/Portugues/cadastral.htm>

(relatório do Projeto demonstração 2)

Erros de Posicionamento

- De SIRGAS200 para SAD69 : ~65 metros no território brasileiro
- De SIRGAS2000 para WGS84: nenhum
- De Córrego Alegre para SAD69: ≤ 60 metros

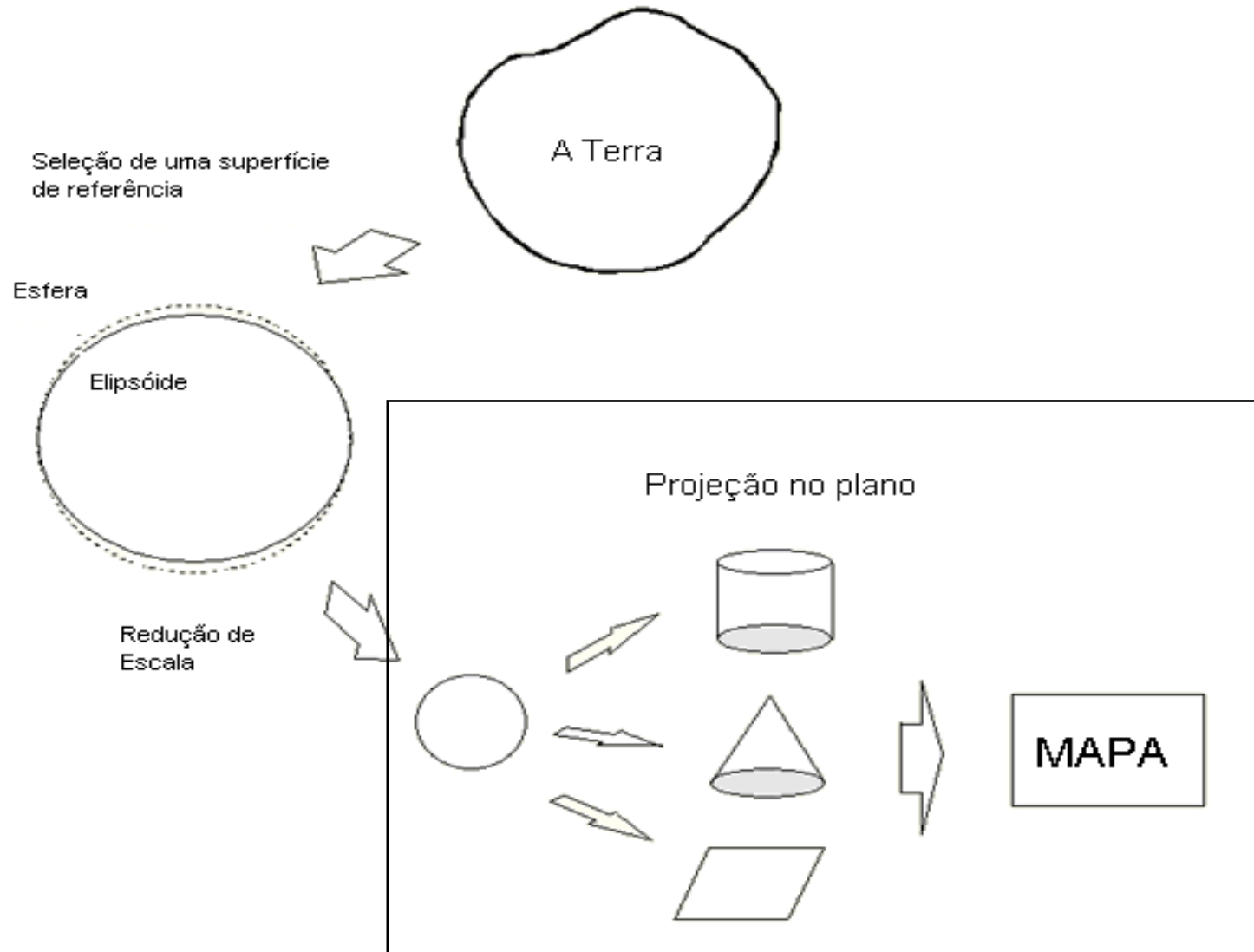
SOLUÇÃO:

- lembre que a variação das coordenadas geográficas afeta a exatidão de sua base de dados
- use um SIG que saiba levar em conta essa variação de coordenadas
- saiba o que está medindo com um receptor GPS
- tenha cuidado com dados compartilhados (importação e exportação)

No mapa a Terra é plana



Processo de criação de um mapa



Projeções Cartográficas

- Impossível representar uma superfície curva num plano sem deformação, por isso apareceu o conceito de Superfície de Projeção
- Superfície de Projeção é uma superfície desenvolvível no plano, capaz de representar um sistema plano de meridianos e paralelos sobre o qual pode ser desenhada uma representação cartográfica (carta, mapa, planta)

Projeções Cartográficas

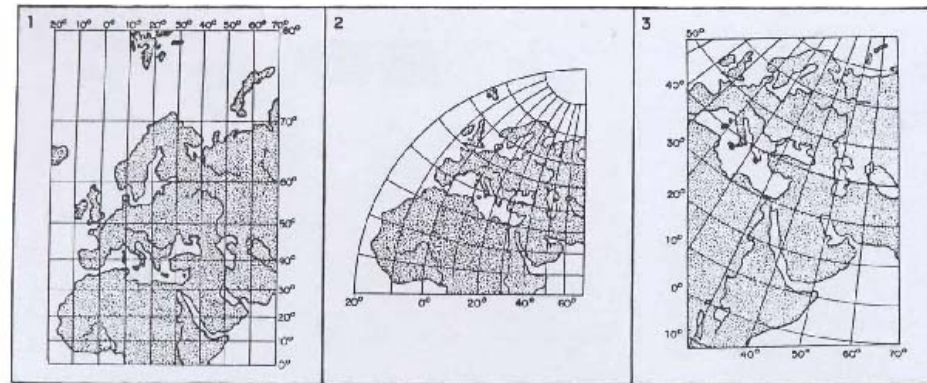
- Uma projeção cartográfica determina a correspondência matemática biunívoca entre os pontos da esfera (ou elipsóide) e sua transformação num plano
- Sistemas de projeção resolvem as equações:
(x e y – coordenadas planas, ϕ, λ – coordenadas geográficas)

$$x = f_1(\phi, \lambda) \quad y = f_2(\phi, \lambda)$$

$$\lambda = g_1(x, y) \quad \phi = g_2(x, y)$$

Projeções cartográficas

- Impossível representar uma superfície curva num plano sem deformação. Por isso, existem diferentes classes de projeção, que causam diferentes distorções e por isso tem diferentes aplicações
- Uma mesma área sob diferentes projeções geram mapas diferentes

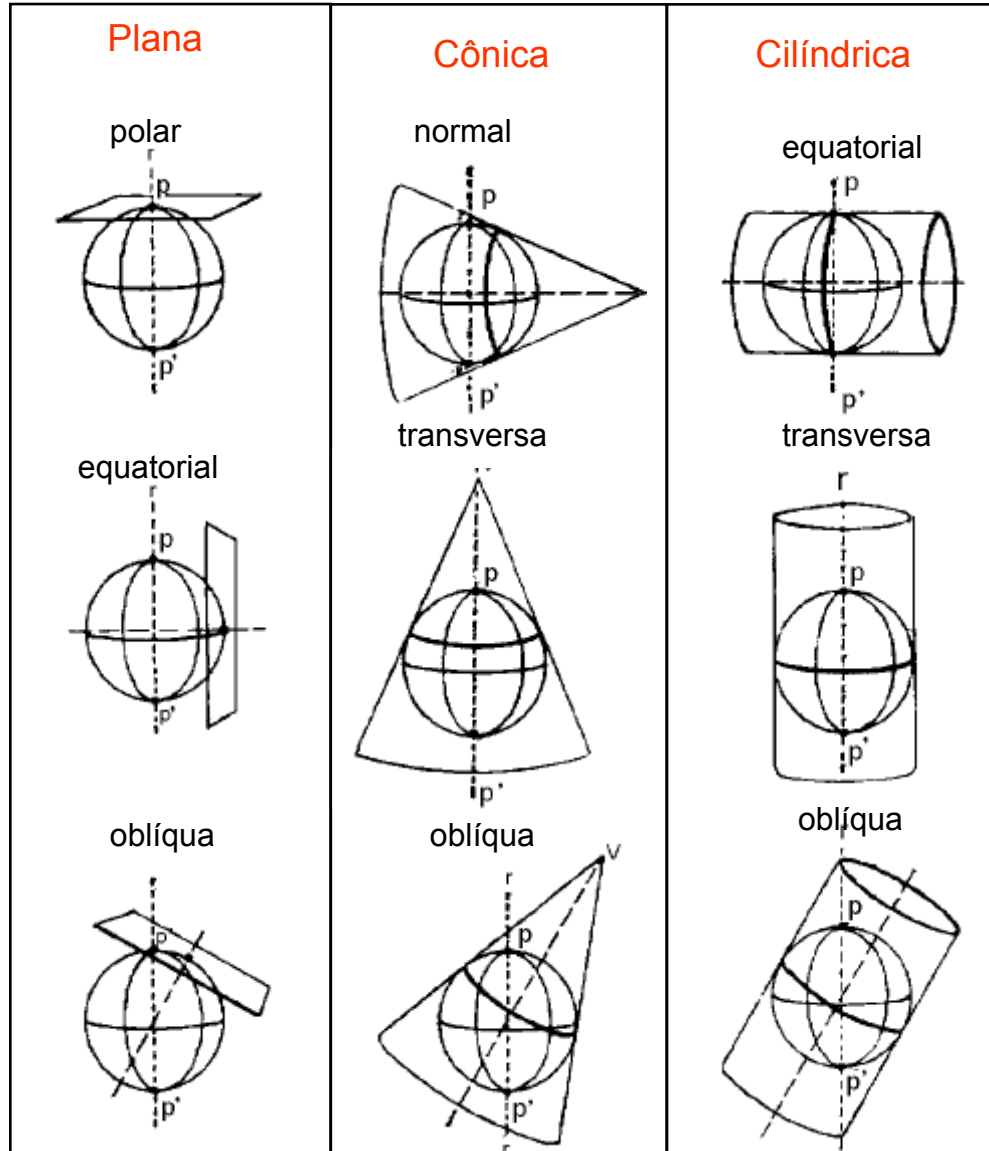


Cilíndrica

Plana

Cônica

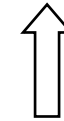
Classes de projeção



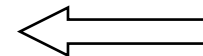
Equidistantes:
preservam distâncias

Equivalentes:
preservam áreas

Conformes: preservam
ângulos



Quanto as propriedades



Quanto a superfície de
projeção

Projeções Cartográficas

- Superfície ou figura de referência
 - esfera, elipsóide
- Superfície de projeção
 - plano, cone, cilindro, poliedro
- Posição da superfície de projeção
 - normal ou equatorial, oblíqua, transversa
- Método de construção
 - projetivo, analítico

Projeções Cartográficas

- Projeções planas ou azimutais
 - plano tangente ou secante
 - estereográfica polar, azimutal de Lambert
- Projeções cônicas
 - cone tangente ou secante
 - cônica de Lambert, cônica de Albers
- Projeções cilíndricas
 - cilindro tangente ou secante
 - UTM, Mercator, Miller

Projeções Cartográficas

- Projeções conformes ou isogonais
 - preservam ângulos
 - UTM, Mercator, cônica conforme de Lambert
- Projeções equivalentes ou isométricas
 - preservam áreas
 - cônica equivalente de Albers
- Projeções equidistantes
 - representam distâncias em verdadeira grandeza ao longo de certas direções
 - cilíndrica equidistante

Projeções Cartográficas

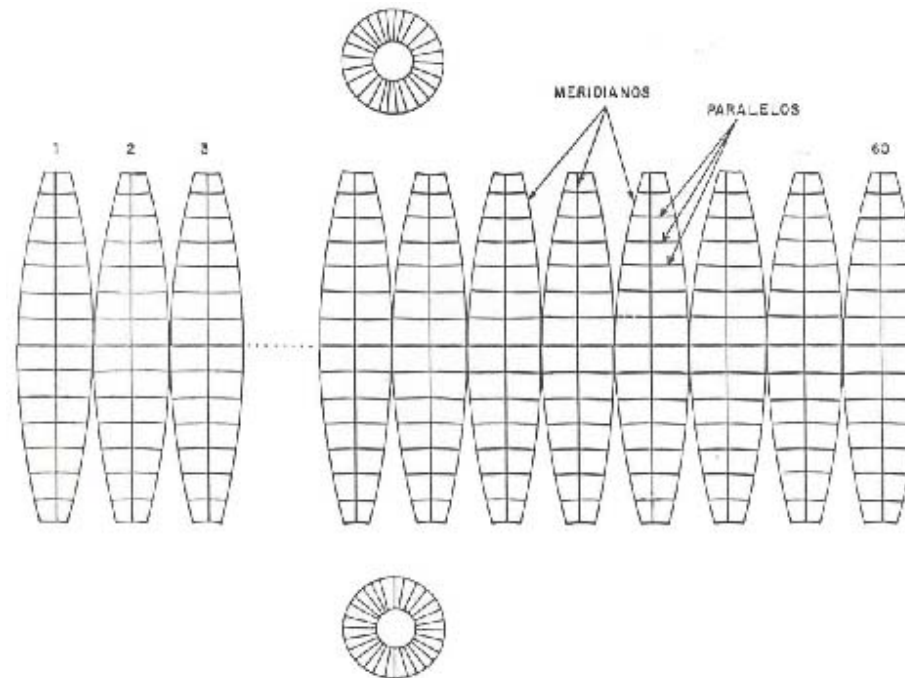
- Parâmetros das projeções
 - figura de referência (elipsóide ou esfera)
 - datum planimétrico
 - paralelo padrão (latitude reduzida)
 - deformações nulas, escala verdadeira ... verdadeira grandeza
 - Um ou dois paralelos se a superfície é tangente ou secante
 - longitude de origem (meridiano central)
 - posição do eixo Y das coordenadas planas
 - para a UTM é o meridiano central de um fuso
 - latitude origem
 - posição do eixo X das coordenadas planas
 - Equador para a maioria das projeções

Projeções Cartográficas

- Sistema UTM – Universal Transversa de Mercator

Projeções Cartográficas

- O sistema UTM é Universal, pois é aplicável em toda a extensão do globo terrestre



Zonas do sistema UTM
(Fonte: Serviço Geodésico Interamericano, s/d)

Projeções Cartográficas Especificações UTM

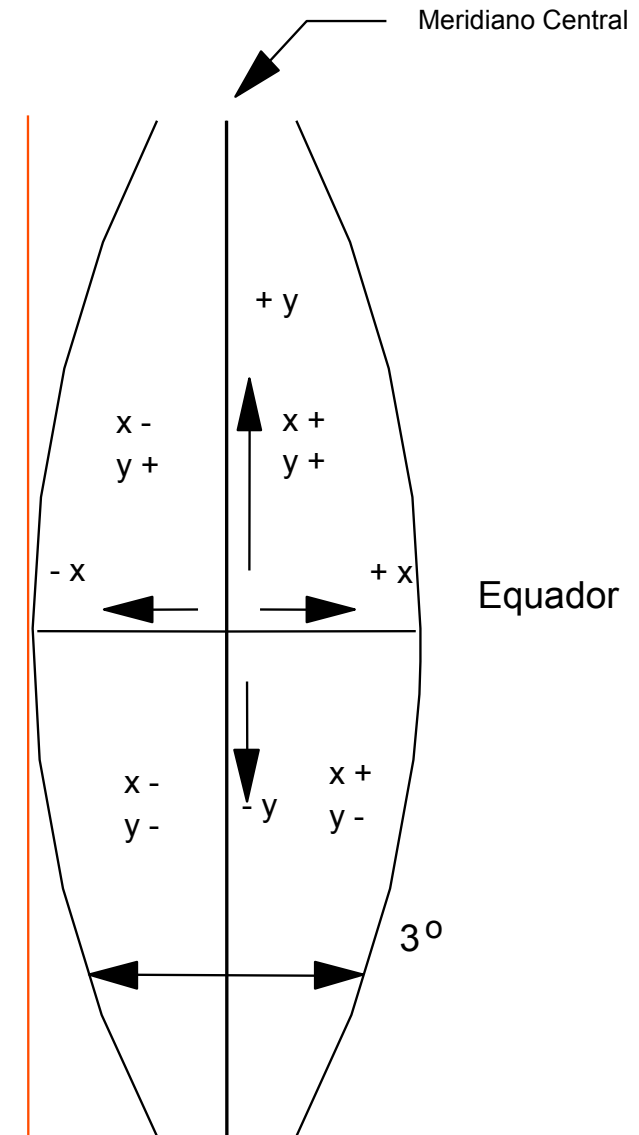
- Adota 60 cilindros de eixo transverso, de maneira que cada um cobre a longitude de 6° (3° para cada lado do meridiano central)
- Em latitude os fusos são limitados ao paralelo 80° N e S pois, acima deste valor as deformações se acentuam muito
- Para evitar coordenadas negativas a partir da origem das coordenadas (cruzamento Equador com meridiano central) será acrescida em cada fuso das constantes 10.000.000 metros no eixo das ordenadas (NS) e de + 500.000 metros no eixo das abcissas (EW)

Especificações UTM



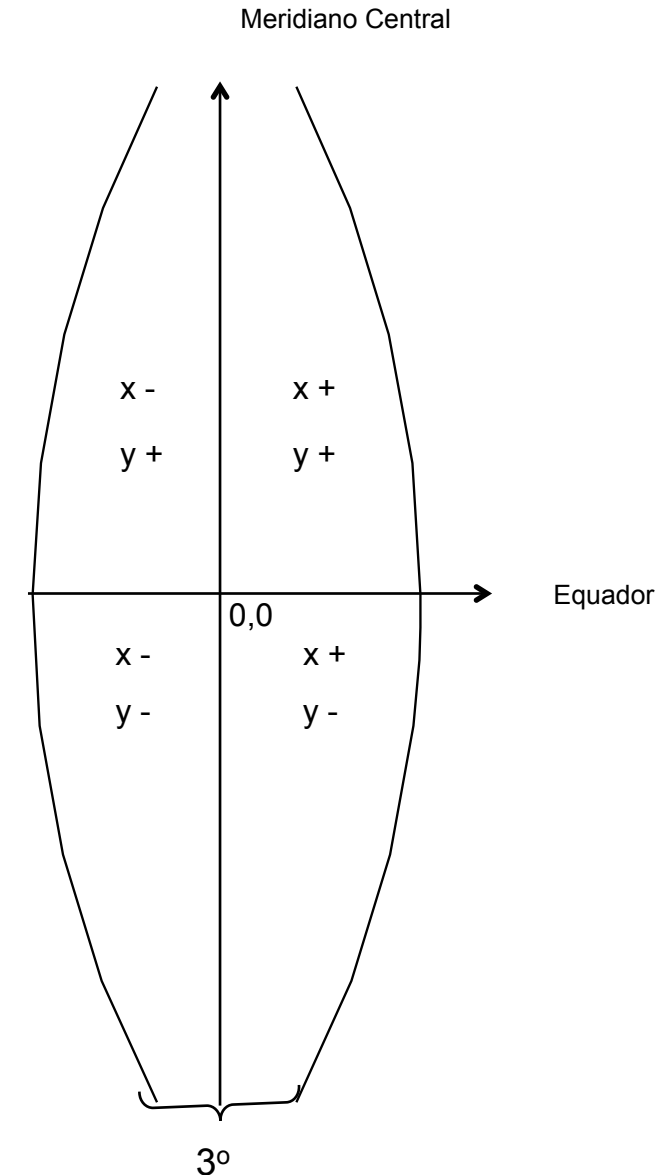
Universal Transversa de Mercator

- Adota 60 cilindros de eixo transverso, de maneira que cada um cobre a longitude de 6° (3° para cada lado do meridiano central)
- Em latitude os fusos são limitados ao paralelo 80° N e S pois, acima deste valor as deformações se acentuam muito



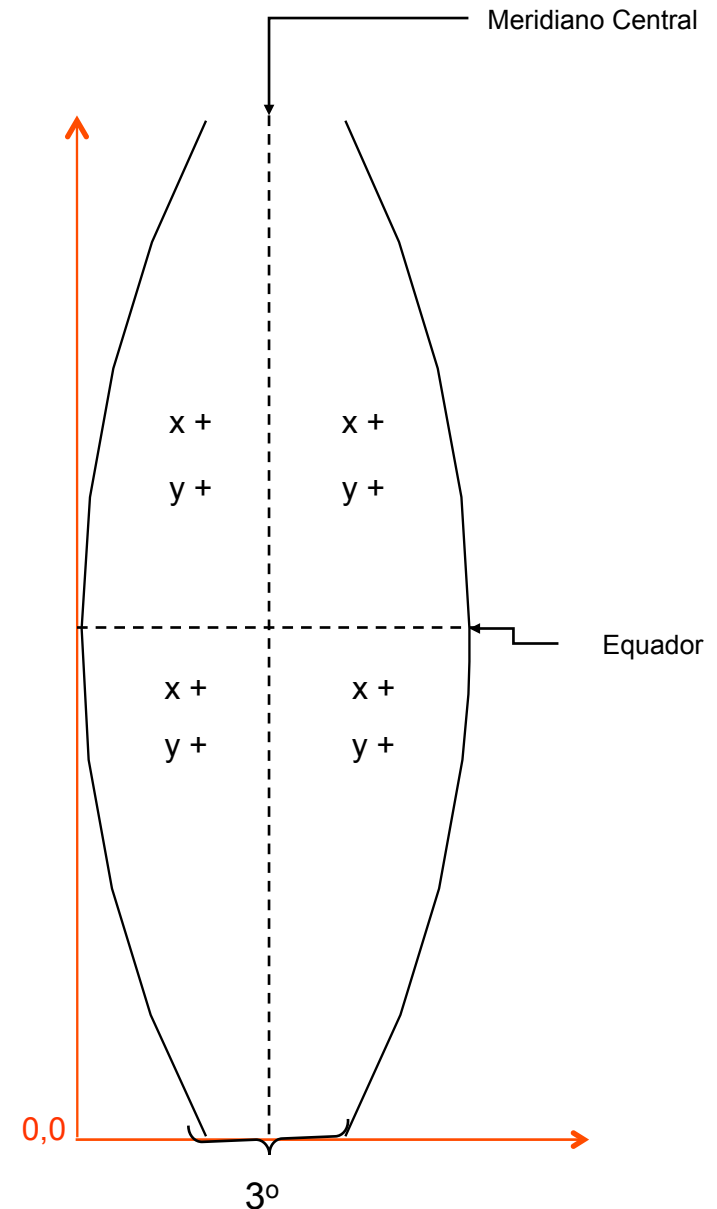
Universal Transversa de Mercator

- Adota 60 cilindros de eixo transverso, de maneira que cada um cobre a longitude de 6° (3° para cada lado do meridiano central)
- Em latitude os fusos são limitados ao paralelo 80° N e S pois, acima deste valor as deformações se acentuam muito

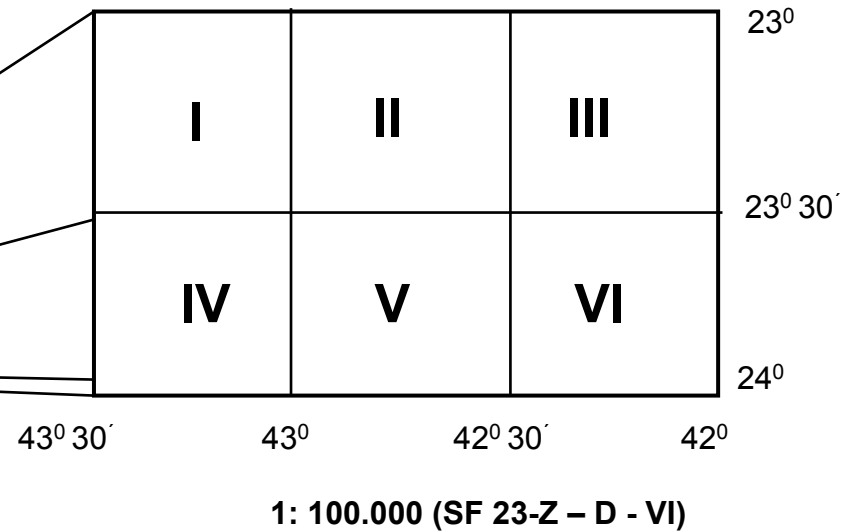
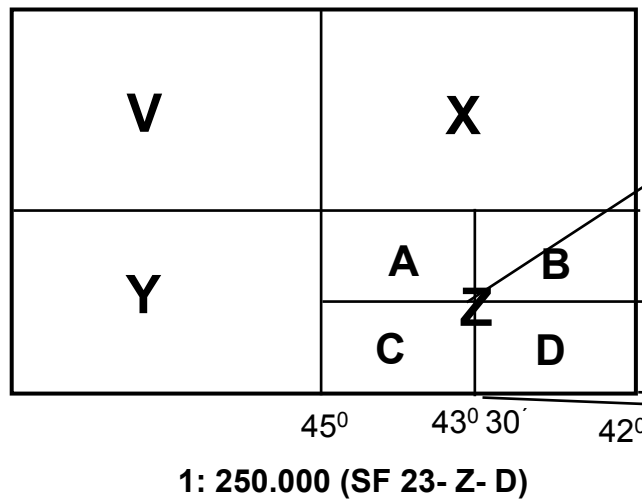
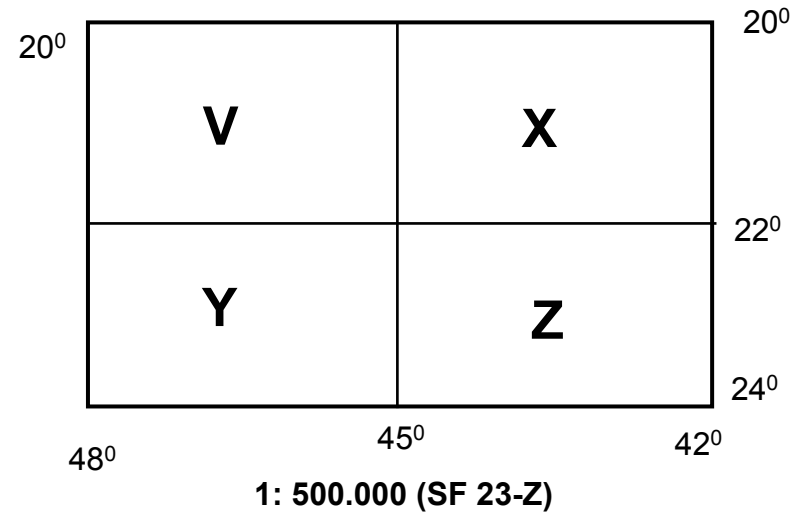
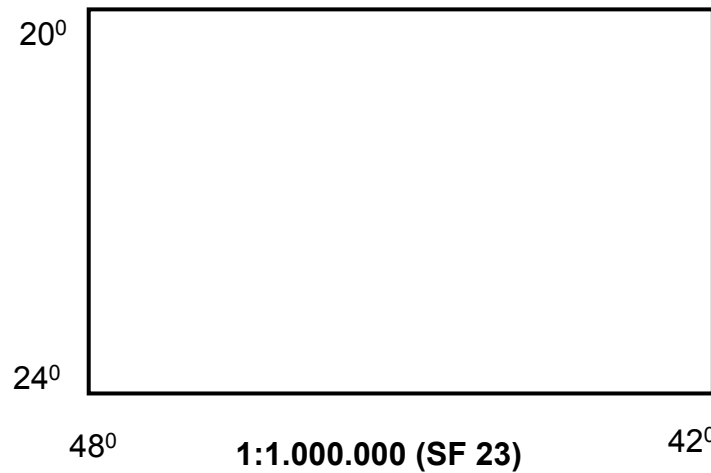


Universal Transversa de Mercator

- Para evitar coordenadas negativas a partir da origem das coordenadas (cruzamento Equador com meridiano central) será acrescida em cada fuso das constantes 10.000.000 metros no eixo das ordenadas (NS) e de + 500.000 metros no eixo das abscissas (EW)

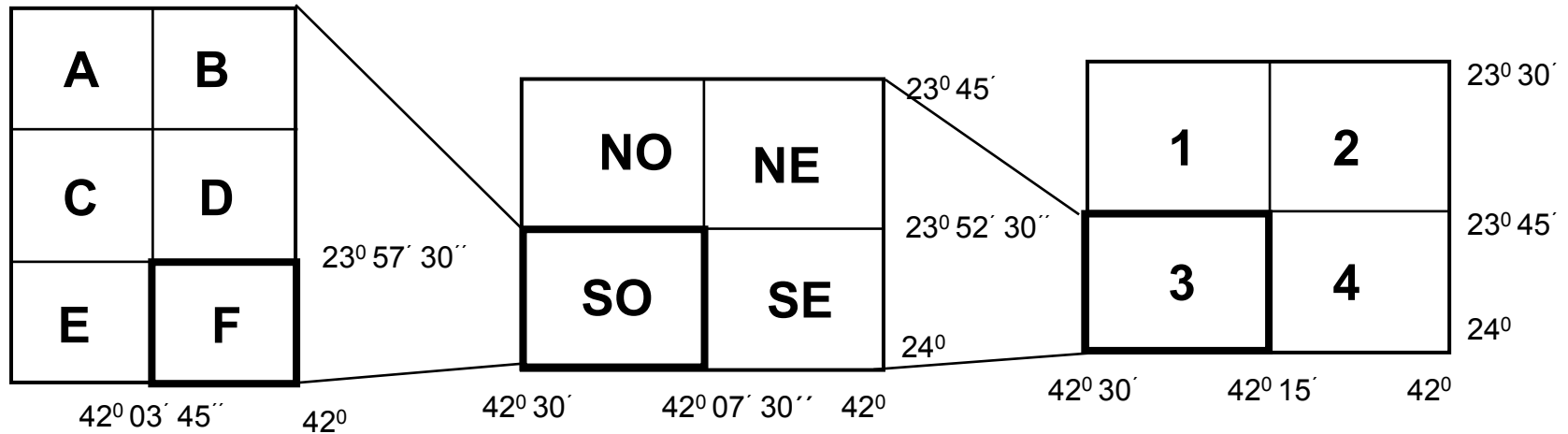
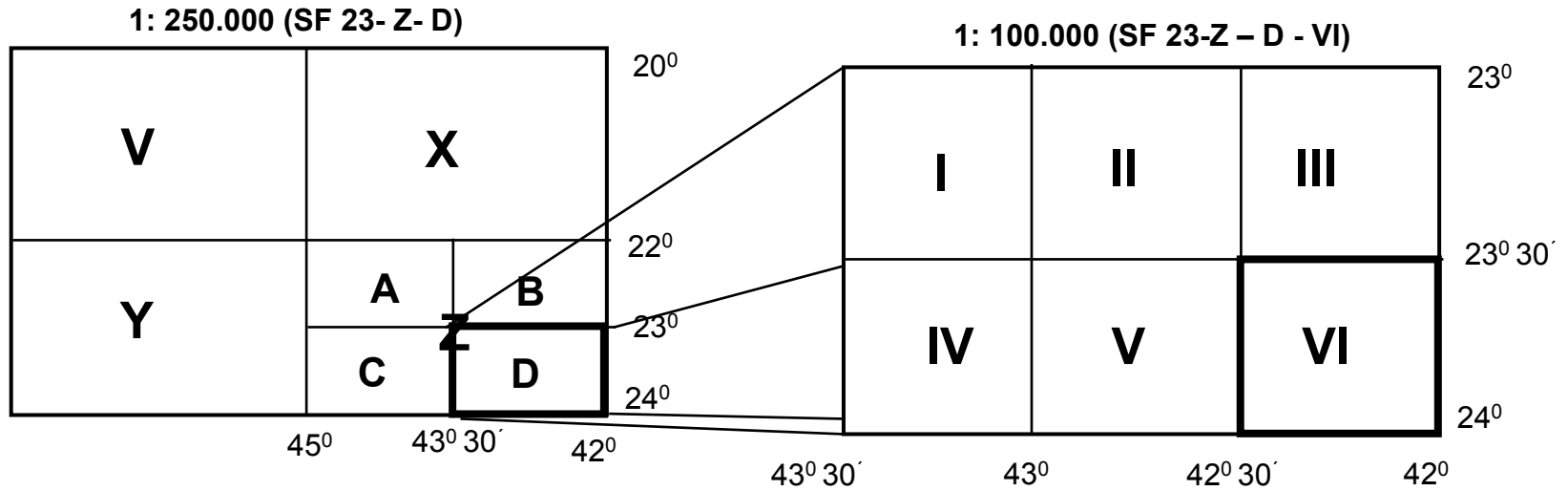


Nomenclaturas Folhas



Nomenclaturas Folhas

23°



1: 10.000 (SF 23 - Z - D - VI - 3- SO- F)

1: 25.000 (SF 23 - Z - D - VI - 3- SO)

1: 50.000 (SF 23-Z - D - VI - 3)

Carta Topográfica

SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO CULTURAL DA ESPÉLULA
SUPERINTENDÊNCIA DE CARTOGRAFIA
DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA E TOPOGRAFIA
CARTA DO BRASIL ESC. 1:50 000

LUTÉCIA

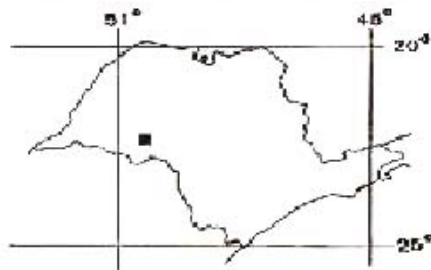
M-270/13
FOLHA SF-22-Z-A-II-3

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR

ARTICULAÇÃO DA FOLHA

QUATÁ	HERCULÂNIA	POMPÉIA
PARAGUAÇU PAULISTA	LUTÉCIA	EXAPORA
MARACÁ	ASSIS	CAMPOS NOVOS PAULISTA

LOCALIZAÇÃO DA FOLHA NO ESTADO



ESCALA 1: 50 000



Equidistância das curvas de nível, 20 metros

Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 51° W. Gr.,
acréscidas as constantes 10 000 km e 500 km respectivamente

Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC

Datum horizontal: Córrego Alegre, MG

Levantamento estereofotogramétrico topográfico regular
Aerofotografias - 1965; apoio suplementar e reambulação
executados em 1973 pelo Departamento de Geodésia e Topografia;
restituição, aerotriangulação e preparo para a impressão
realizados pelo Departamento de Cartografia

Esta folha foi preparada e impressa em decorrência do
Convênio entre o IBGE e o Departamento de
Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo

SUPERINTENDÊNCIA DE CARTOGRAFIA

PRIMEIRA EDIÇÃO — 1974

DIREITOS DE REPRODUÇÃO RESERVADOS

Impressa no Serviço Gráfico do IBGE

A SUPERINTENDÊNCIA DE CARTOGRAFIA agradece a gentileza da
comunicação de falhas ou omissões verificadas nesta Folha

Projeções Cartográficas

- Principais projeções no Brasil
 - UTM (Universal Transverse Mercator)
 - cartas topográficas
 - Mercator
 - cartas náuticas
 - Cônica conforme de Lambert
 - cartas ao milionésimo
 - cartas aeronáuticas
 - Policônica
 - mapas temáticos
 - mapas políticos

Projeções Cartográficas

- Outras projeções importantes
 - Cilíndrica equidistante
 - apresentação de dados em SIG
 - mapas mundi
 - Estereográfica polar
 - substitui a UTM nas regiões polares
 - Cônica conforme bipolar oblíqua
 - mapa político das Américas
 - Cônica equivalente de Albers
 - cálculo de área em SIG

Conceitos de Geodésia

- Datum altimétrico ou vertical
 - superfície de referência para a contagem das altitudes (geóide)
 - rede de marégrafos faz medições contínuas para a determinação do nível médio dos mares
 - adota-se um dos marégrafos como ponto de referência do datum vertical
 - no Brasil usa-se o marégrafo de Imbituba, em Santa Catarina

Conceitos de Geodésia

■ Relevo

- Saber se dois ou mais pontos estão no mesmo nível (altitude) – subir ou descer
- **Nível base** – origem padrão de medidas = nível médio dos mares
- **Altitude** é a medida do desnível que existe entre qualquer ponto da superfície e o nível do mar.

- Altitude é DIFERENTE de Altura

Conceitos de Geodésia

- Datum altimétrico ou vertical
 - superfície de referência para a contagem das altitudes (geóide).
 - rede de marégrafos faz medições contínuas para a determinação do nível médio dos mares
 - adota-se um dos marégrafos como ponto de referência do datum vertical
 - no Brasil usa-se o marégrafo de Imbituba, em Santa Catarina

Conceitos de Geodésia

■ Altitudes

- Positivas – elevações, ou seja estão acima do nível base
- Negativas – depressões, ou seja, estão abaixo do nível base
- Mapas – representação em **curvas de nível**
- **Curva de nível são linhas que unem pontos de mesma altitude**

Escala

- É a relação entre a medida de um objeto ou lugar geográfico representado no papel e sua verdadeira dimensão.
- Normalmente é expressa das seguintes formas:
 - Fração representativa ou numérica
 - Gráfica ou escala de barras

Escala

- A escala de um mapa deve representar os detalhes
 - Naturais (rios, mares, montanhas)
 - Artificiais (estradas, pontes, edificações)

- Problemas
 - Necessidade de reduzir as proporções dos acidentes a representar.
 - Determinados acidentes, dependendo da escala, não permitem redução acentuada pois se tornam imperceptíveis.

A solução é se utilizar símbolos cartográficos.

Escala numérica

$$E = d / D$$

d: distância medida na carta

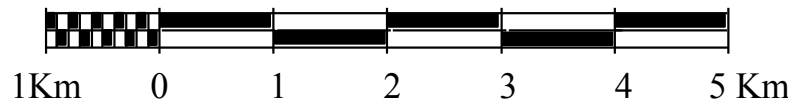
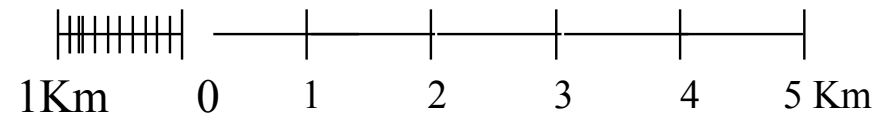
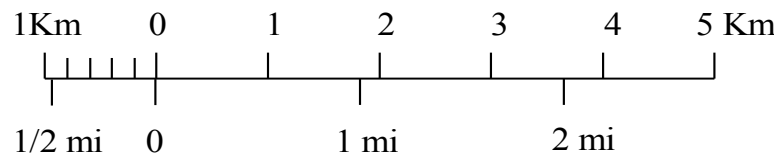
D: distância real

As escalas numéricas mais comuns são da forma:

$$E = 1 / 10x \text{ ou } E = 1:10x$$

Escala gráfica

- É a representação gráfica de várias distâncias do terreno sobre uma linha reta graduada
- É constituída de um segmento à direita da referência zero, conhecida como escala primária
- Consiste também de um segmento à esquerda da origem denominada de Talão ou Escala de Fracionamento, que é dividido em sub-múltiplos da unidade escolhida graduada da direita para a esquerda

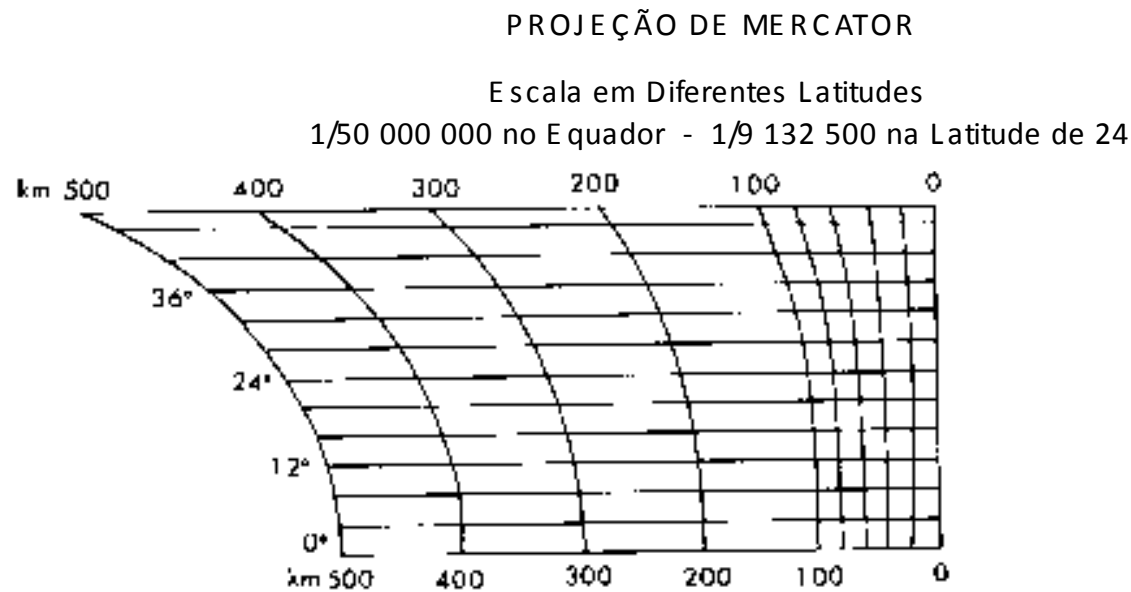


Escalas especiais

- As fotografias aéreas e grande parte das projeções cartográficas não possuem escalas constantes, elas são variáveis dependendo de uma série de fatores inerentes ao processo de elaboração da projeção.
- As fotografias aéreas, por serem uma projeção central, a escala é variável do centro da foto para a periferia, sendo tanto menor quanto mais próximo das bordas.
- Quando a escala for grande, não ocorrerão muitos problemas pois os erros serão desprezíveis, o que já não ocorrerá em escalas pequenas, podendo ser constante ao longo dos paralelos e variável ao longo dos meridianos, ou vice-versa. Depende do tipo de projeção e da sua estrutura projetiva.

Escalas especiais

- Na projeção de Mercator por exemplo, a escala é variável, constante ao longo dos paralelos e variável ao longo dos meridianos, variando com a latitude, quanto maior a latitude, maior a escala.



Escala

- Precisão gráfica

- É a menor grandeza medida no terreno, capaz de ser representada em desenho na mencionada escala.
- Menor comprimento: 0,2 mm

Seja $E = 1 / M$

Erro tolerável: 0,0002 metro X M

$$E = 1/20000 \text{ ----- } 0.2\text{mm} = 4000 \text{ mm} = 4 \text{ m}$$

$$E = 1/10000 \text{ ----- } 0,2\text{mm} = 2000 \text{ mm} = 2 \text{ m}$$

$$E = 1/40000 \text{ ----- } 0,2\text{mm} = 8000 \text{ mm} = 8 \text{ m}$$

$$E = 1/100000 \text{ ----- } 0,2\text{mm} = 20000 \text{ mm} = 20 \text{ m}$$

Escala

- Escolha de escala

Considerando uma região que se queira mapear e que possua muitos acidentes de 10m de extensão, a menor escala que se deve adotar será:

Erro tolerável = 0,0002 metro X M

M = Erro tolerável / 0,0002 metro

M = 10m / 0,0002m = 50.000 ou seja

E = 1:50.000

Escala

- As condicionantes básicas para a escolha de uma escala de representação são:
 - dimensões da área do terreno que será mapeado;
 - tamanho do papel que será traçado o mapa;
 - a orientação da área;
 - erro gráfico;
 - precisão do levantamento e/ou das informações a serem plotadas no mapa.

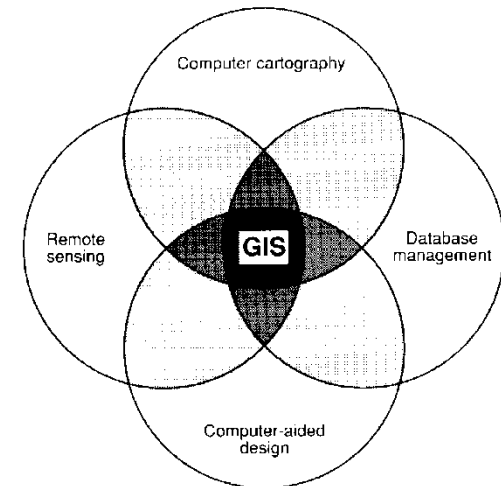


MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Resumo

Cartografia para geoprocessamento

- **Cartografia**: preocupa-se em apresentar um modelo de representação de dados para os processos que ocorrem no espaço geográfico
- **Geoprocessamento** representa a área do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais, fornecidas pelos **Sistemas de Informação Geográfica (SIG)**, para tratar os processos que ocorrem no espaço geográfico



(fonte: Maguire, Goodchild, Rhind, 1991)

Dados geográficos

Duas **componentes**: o **quê** e **onde**

O quê → semântico: altimetria, município, reflectância, estação de coleta, etc.

Onde → localização em um sistema que representa a superfície terrestre, ou seja, Sistema de Referência Espacial

Representação: estrutura de dados usada para armazenar o dado geográfico

Matricial: matriz regular de valores

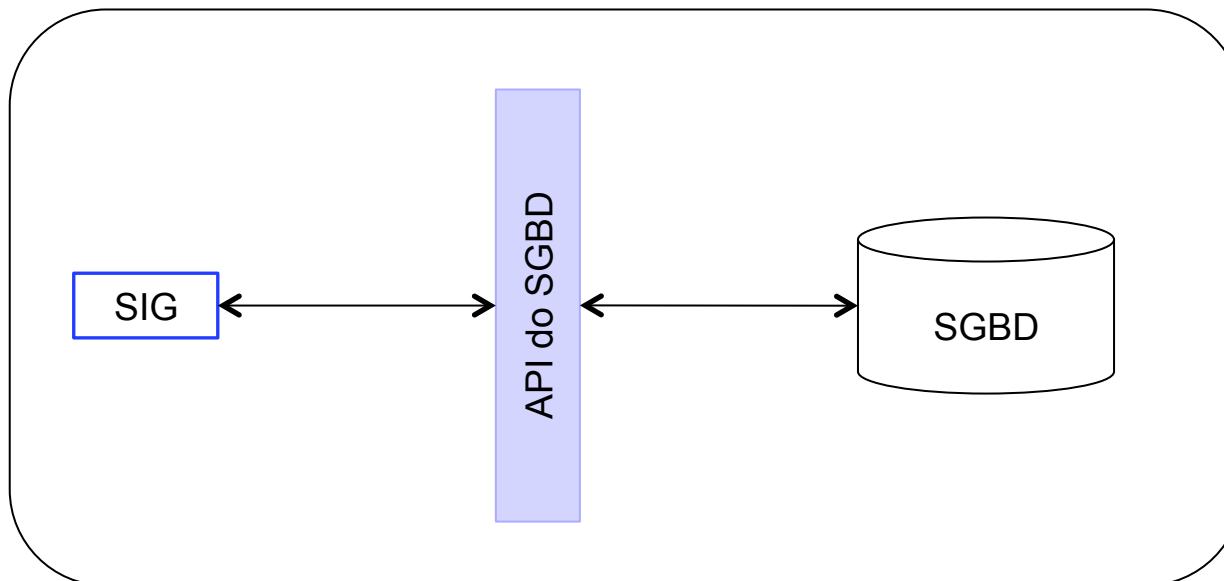
Vetorial: primitivas geométricas ponto, linha e polígono para representar a localização, associada a um conjunto de valores

Geoprocessamento

Geoprocessamento: **disciplina** que trata da manipulação de dados geográficos.

SIG: **sistema computacional** usado para materializar as técnicas de geoprocessamento

Questões de Arquitetura



Como descrever um SRS?

1. Qual seu nome?
2. Qual é o Datum?
3. É geográfico?
 - a. Qual a unidade angular?
 - b. Qual o meridiano padrão?
 - c. Qual o paralelo de latitude 0?
4. É projetado?
 1. Qual a unidade linear?
 2. Qual a projeção?
 3. Quais os parâmetros da projeção?

Como descrever um SRS?

```
GEOGCS["WGS 84",  
  DATUM["WGS_1984",  
    SPHEROID["WGS 84",6378137,298.257223563]],  
  PRIMEM["Greenwich",0],  
  UNIT["degree",0.01745329251994328]]
```

```
PROJCS["WGS 84 / UTM zone 23S",  
  GEOGCS["WGS 84",  
    DATUM["WGS_1984",  
      SPHEROID["WGS 84",6378137,298.257223563],  
      PRIMEM["Greenwich",0],  
      UNIT["degree",0.01745329251994328]],  
    UNIT["metre",1],  
    PROJECTION["Transverse_Mercator"],  
    PARAMETER["latitude_of_origin",0],  
    PARAMETER["central_meridian",-45],  
    PARAMETER["scale_factor",0.9996],  
    PARAMETER["false_easting",500000],  
    PARAMETER["false_northing",10000000],  
    AXIS["Easting",EAST],  
    AXIS["Northing",NORTH]]
```

WKT – Well Known Text for SRS
OGC – Open Geospatial Consortium

Como descrever um SRS?

```
GEOGCS["WGS 84",  
  DATUM["WGS_1984",  
    SPHEROID["WGS 84",6378137,298.257223563,  
      AUTHORITY["EPSG","7030"]],  
    AUTHORITY["EPSG","6326"]],  
  PRIMEM["Greenwich",0,  
    AUTHORITY["EPSG","8901"]],  
  UNIT["degree",0.01745329251994328,  
    AUTHORITY["EPSG","9122"]],  
  AUTHORITY["EPSG","4326"]]
```

SRS ID: identificador dado por uma autoridade
EPSG – European Petroleum Survey Group

```
PROJCS["WGS 84 / UTM zone 23S",  
  GEOGCS["WGS 84",  
    DATUM["WGS_1984",  
      SPHEROID["WGS 84",6378137,298.257223563,  
        AUTHORITY["EPSG","7030"]],  
      AUTHORITY["EPSG","6326"]],  
    PRIMEM["Greenwich",0,  
      AUTHORITY["EPSG","8901"]],  
    UNIT["degree",0.01745329251994328,  
      AUTHORITY["EPSG","9122"]],  
    AUTHORITY["EPSG","4326"]],  
  UNIT["metre",1,  
    AUTHORITY["EPSG","9001"]],  
  PROJECTION["Transverse_Mercator"],  
  PARAMETER["latitude_of_origin",0],  
  PARAMETER["central_meridian",-45],  
  PARAMETER["scale_factor",0.9996],  
  PARAMETER["false_easting",500000],  
  PARAMETER["false_northing",10000000],  
  AUTHORITY["EPSG","32723"],  
  AXIS["Easting",EAST],  
  AXIS["Northing",NORTH]]
```


Voltando ao exemplo

Tres pessoas foram ao campo, com diferentes equipamentos, para localizar 2 pontos de interesse e voltaram com as seguintes medições:

	PESSOA 1		PESSOA 2		PESSOA 3	
	X	Y	X	Y	X	Y
P2	-42.3591666667	-23.3194444444	770061.694961	7418652.21437	1189337.72907	-2627767.87227
P3	-43.0166666667	-29.5347222222	692193.800396	6731129.17863	1063065.76762	-3318803.38603

Qual delas fez as medições certas?

Resposta:

não posso avaliar sem saber em qual Sistema de Referência Espacial estão esses números.

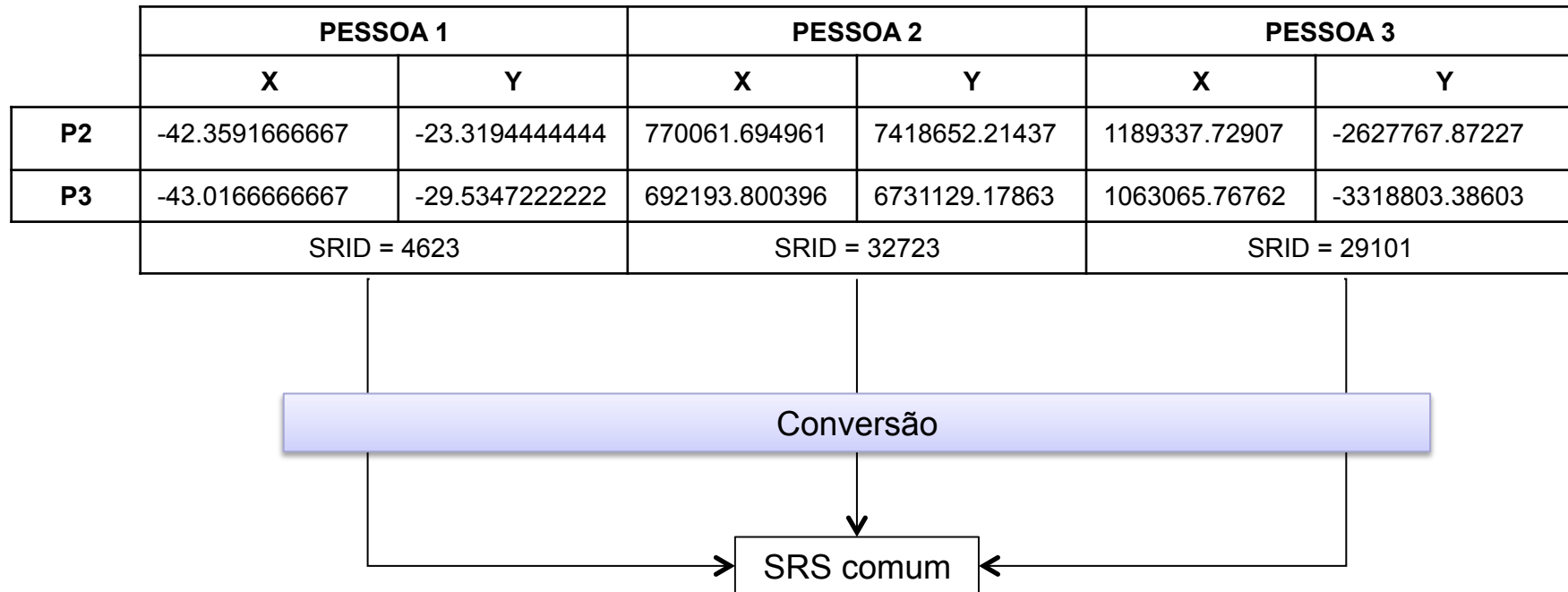
Voltando ao exemplo

	PESSOA 1		PESSOA 2		PESSOA 3	
	X	Y	X	Y	X	Y
P2	-42.3591666667	-23.3194444444	770061.694961	7418652.21437	1189337.72907	-2627767.87227
P3	-43.0166666667	-29.5347222222	692193.800396	6731129.17863	1063065.76762	-3318803.38603
	SRID = 4623		SRID = 32723		SRID = 29101	

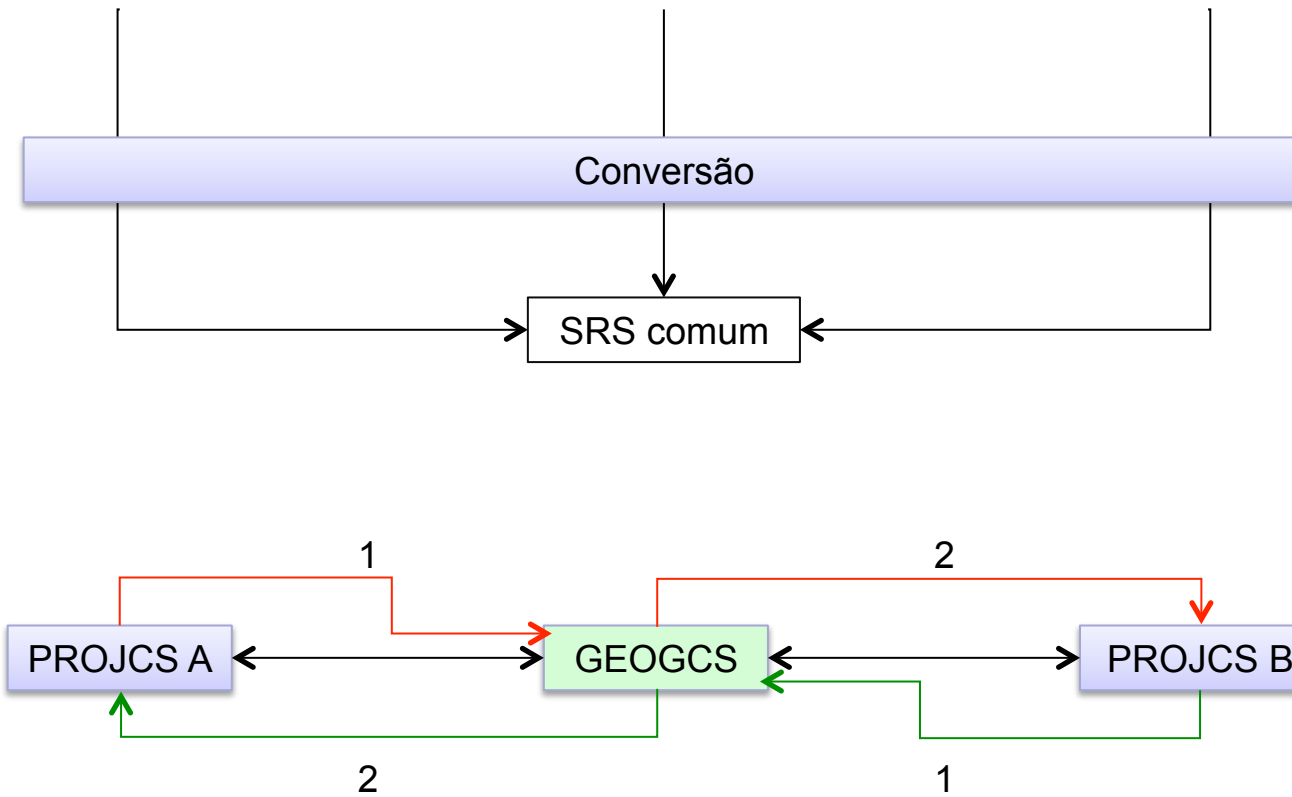
Qual delas fez as medições certas?

Neste caso, todas estão corretas. Todas se referem a mesma localização, mas medidas em sistemas de referência espacial diferentes.

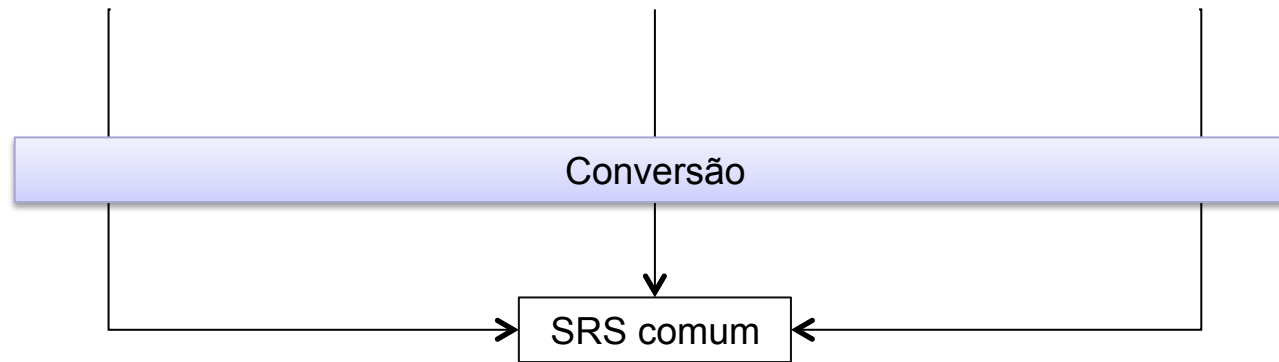
Conversão de coordenadas



Conversão de coordenadas



Conversão de coordenadas



PROJ.4
PROJ.4

PROJ.4 - Cartographic Projections Library

SRS EM DADOS VETORIAIS



Open Geospatial Consortium

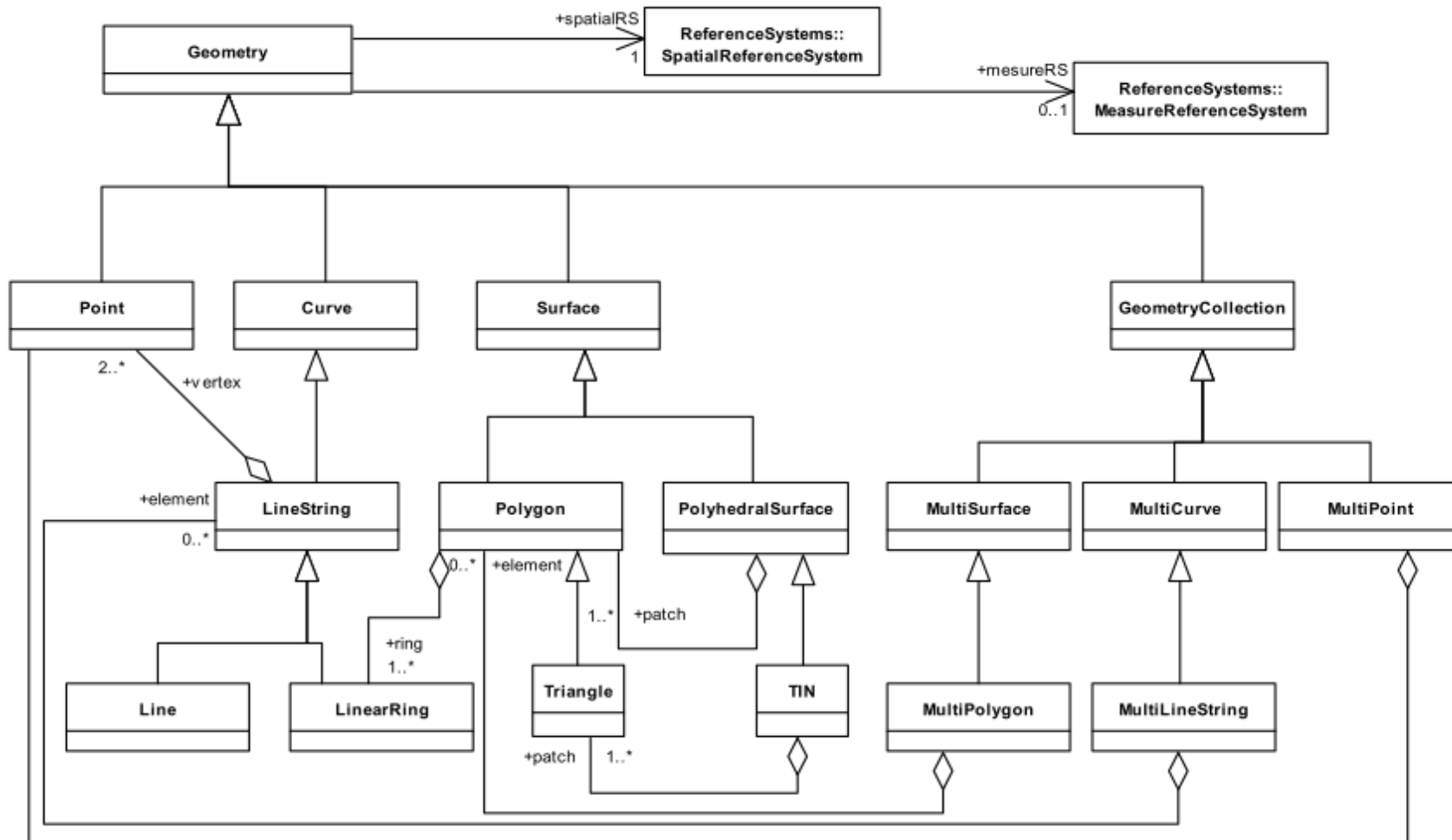
- Consórcio entre companhias, universidade e agências governamentais
- Objetivo: promover o desenvolvimento de tecnologias que facilitem a interoperabilidade entre sistemas envolvendo informação geo-espacial
- Os produtos do trabalho do OGC são apresentados sob forma de especificações de interfaces e padrões de intercâmbio



Open Geospatial Consortium

- Algumas especificações OGC:
 - GML (Geography Markup Language): intercâmbio de dados
 - OWS (OGC Web Service): especificações de serviços WEB
 - WFS: Web Feature Service
 - WMS: Web Map Server
 - SFSQL (Simple Feature Specification For SQL): especificações sobre o armazenamento e recuperação de dados espaciais em SGBD's OR

OGC Simple Feature



WKT – Well Known Text for geometry

- Gramática que define como representar textualmente todas as diferentes instâncias de geometrias. Exemplos:

Geometry Type	Text Literal Representation	Comment
Point	Point (10 10)	a Point
LineString	LineString (10 10, 20 20, 30 40)	a LineString with 3 points
Polygon	Polygon ((10 10, 10 20, 20 20, 20 15, 10 10))	a Polygon with 1 exteriorRing and 0 interiorRings

WKT

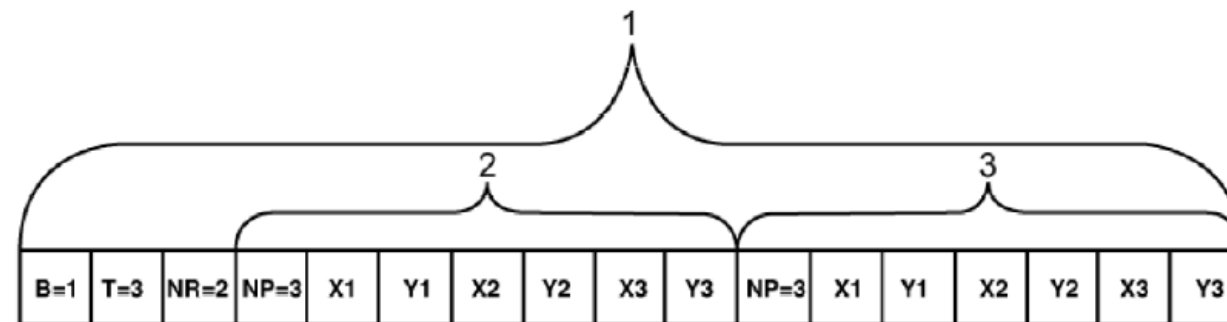
Multipoint	MultiPoint ((10 10), (20 20))	a MultiPoint with 2 points
MultiLineString	MultiLineString ((10 10, 20 20), (15 15, 30 15))	a MultiLineString with 2 linestrings
MultiPolygon	MultiPolygon (((10 10, 10 20, 20 20, 20 15, 10 10)), ((60 60, 70 70, 80 60, 60 60)))	a MultiPolygon with 2 polygons
GeomCollection	GeometryCollection (POINT (10 10), POINT (30 30), LINESTRING (15 15, 20 20))	a GeometryCollection consisting of 2 Point values and a LineString value
PolyhedralSurface	PolyhedralSurface Z (((0 0 0, 0 0 1, 0 1 1, 0 1 0, 0 0 0)), ((0 0 0, 0 1 0, 1 1 0, 1 0 0, 0 0 0)), ((0 0 0, 1 0 0, 1 0 1, 0 0 1, 0 0 0)), ((1 1 0, 1 1 1, 1 0 1, 1 0 0, 1 1 0)), ((0 1 0, 0 1 1, 1 1 1, 1 1 0, 0 1 0)), ((0 0 1, 1 0 1, 1 1 1, 0 1 1, 0 0 1)))	A polyhedron cube, corner at the origin and opposite corner at (1, 1, 1).

WKT

Tin	Tin Z (((0 0 0, 0 0 1, 0 1 0, 0 0 0)), ((0 0 0, 0 1 0, 1 0 0, 0 0 0)), ((0 0 0, 1 0 0, 0 0 1, 0 0 0)), ((1 0 0, 0 1 0, 0 0 1, 1 0 0)),)	A tetrahedron (4 triangular faces), corner at the origin and each unit coordinate digit.
Point	Point Z (10 10 5)	a 3D Point
Point	Point ZM (10 10 5 40)	the same 3D Point with M value of 40
Point	Point M (10 10 40)	a 2D Point with M value of 40

WKB – Well Known Binary for geometry

- Versão binária para representar as geometrias. Pode ser usada na especificação do armazenamento



Key

- 1 WKB Polygon
- 2 ring 1
- 3 ring 2

Figure 25: Well-known Binary Representation for a geometric object in NDR format (**B = 1**) of type Polygon (**T = 3**) with 2 LinearRings (**NR = 2**) each LinearRing having 3 points (**NP = 3**)

Códigos para as geometrias

Type	Code	Type	Code	Type	Code	Type	Code
Geometry	0	Geometry Z	1000	Geometry M	2000	Geometry ZM	3000
Point	1	Point Z	1001	Point M	2001	Point ZM	3001
LineString	2	LineString Z	1002	LineString M	2002	LineString ZM	3002
Polygon	3	Polygon Z	1003	Polygon M	2003	Polygon ZM	3003
MultiPoint	4	MultiPoint Z	1004	MultiPoint M	2004	MultiPoint ZM	3004
MultiLineString	5	MultiLineString Z	1005	MultiLineString M	2005	MultiLineString ZM	3005
MultiPolygon	6	MultiPolygon Z	1006	MultiPolygon M	2006	MultiPolygon ZM	3006
GeometryCollection	7	GeometryCollection Z	1007	GeometryCollection M	2007	GeometryCollection ZM	3007
CircularString	8	CircularString Z	1008	CircularString M	2008	CircularString ZM	3008
CompoundCurve	9	CompoundCurve Z	1009	CompoundCurve M	2009	CompoundCurve ZM	3009
CurvePolygon	10	CurvePolygon Z	1010	CurvePolygon M	2010	CurvePolygon ZM	3010
MultiCurve	11	MultiCurve Z	1011	MultiCurve M	2011	MultiCurve ZM	3011
MultiSurface	12	MultiSurface Z	1012	MultiSurface M	2012	MultiSurface ZM	3012
Curve	13	Curve Z	1013	Curve M	2013	Curve ZM	3013
Surface	14	Surface Z	1014	Surface M	2014	Surface ZM	3014
PolyhedralSurface	15	PolyhedralSurface Z	1015	PolyhedralSurface M	2015	PolyhedralSurface ZM	3015
TIN	16	TIN Z	1016	TIN M	2016	TIN ZM	3016

OGC Well-Known Text for SRS

```
GEOGCS["WGS 84",  
  DATUM["WGS_1984",  
    SPHEROID["WGS 84",6378137,298.257223563]],  
  PRIMEM["Greenwich",0],  
  UNIT["degree",0.01745329251994328]]
```

```
PROJCS["WGS 84 / UTM zone 23S",  
  GEOGCS["WGS 84",  
    DATUM["WGS_1984",  
      SPHEROID["WGS 84",6378137,298.257223563],  
      PRIMEM["Greenwich",0],  
      UNIT["degree",0.01745329251994328]],  
    UNIT["metre",1],  
    PROJECTION["Transverse_Mercator"],  
    PARAMETER["latitude_of_origin",0],  
    PARAMETER["central_meridian",-45],  
    PARAMETER["scale_factor",0.9996],  
    PARAMETER["false_easting",500000],  
    PARAMETER["false_northing",10000000],  
    AXIS["Easting",EAST],  
    AXIS["Northing",NORTH]]
```

WKT – Well Known Text for SRS
OGC – Open Geospatial Consortium

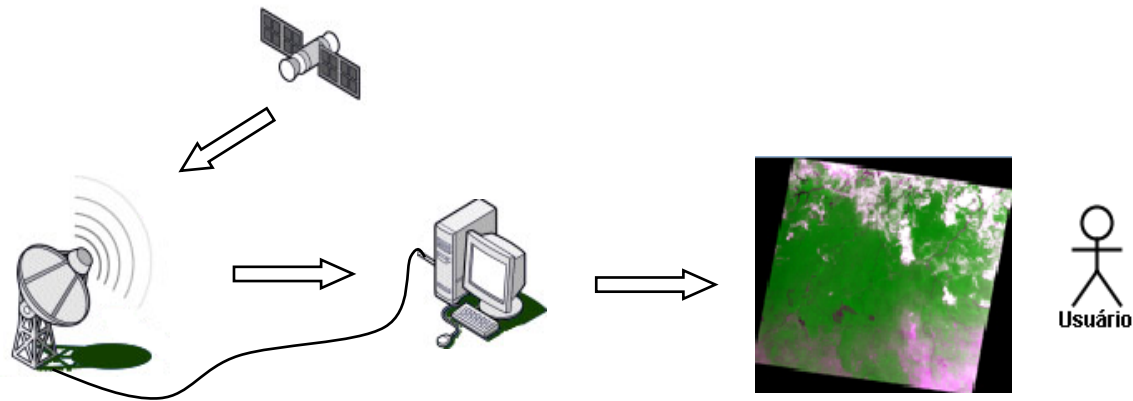
SRS EM DADOS MATRICIAIS

Georreferenciamento

- Trata da aplicação de transformações geométricas para corrigir as distorções inerentes ao processo de aquisição da imagem
- Fontes de distorções geométricas (sensores MSS, TM, HRV, AVHRR, WFI)
 - rotação da Terra (skew)
 - distorções panorâmicas (compressão)
 - curvatura da Terra (compressão)
 - arrastamento da imagem durante uma varredura
 - variações de altitude, atitude e velocidade do satélite

Georeferenciamento

- Para que possam ser integradas a base geográfica as imagens devem passar por vários níveis de processamento para corrigir as distorções radiométricas e geométricas.. Ex:
 1. Com correção radiométrica
 2. Com correção de sistema (radiométrica + boresishts + atitude + efemérides)
 3. Georreferenciada (sistema + pontos de controle 2D)
 4. Ortoretificada (sistema + pontos de controle 2D + DTM)



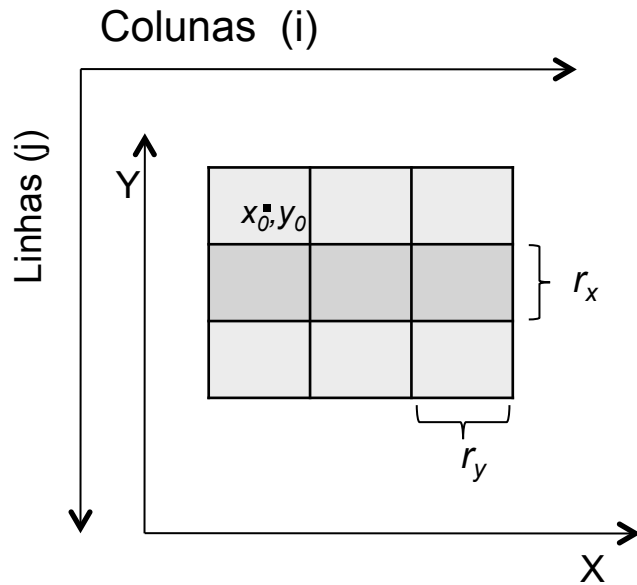
Georeferenciamento

- Exemplo de como diferentes produtores de imagens chamam seus níveis de processamento

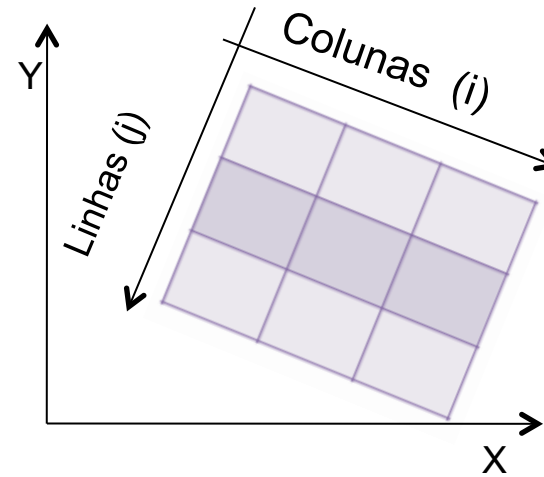
	Correção			
Satélite	Radiométrica	Sistema	Georrefenciada	Ortorretificada
SPOT	1A	2A	2B	3
Landsat	0	1R	1G	1P (precision)
CBERS	1	2	3	4

- Atualmente as imagens são distribuídas com correção > 2, porém a necessidade de integrar imagens antigas, ou devido a problemas nos parâmetros do satélite, muitas vezes os próprios usuários tem que fazer algumas correções geométricas.

Como representar o georeferenciamento?



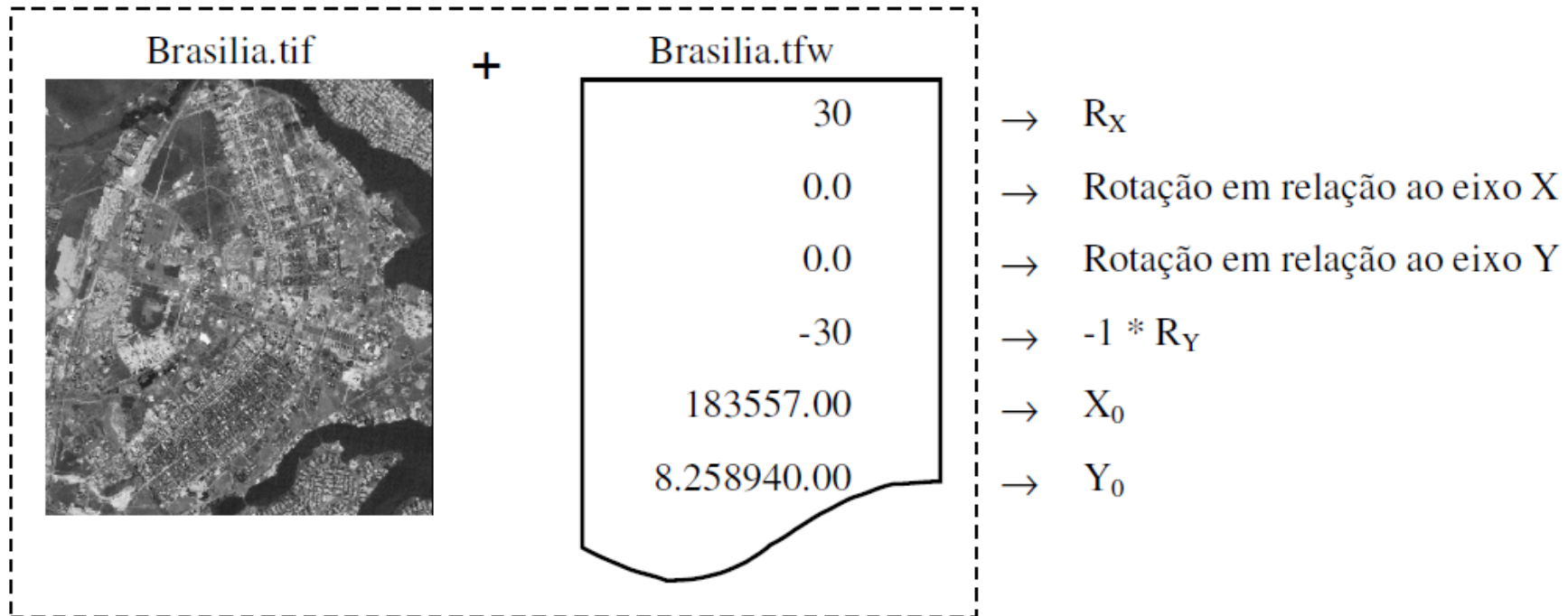
$$x = x_0 + i * r_x$$
$$y = y_0 + j * r_y$$



$$x = x_0 + i * r_x + i * r_y$$
$$y = y_0 + j * r_y + j * r_x$$

* r_y deve ser considerada negativo

Como representar o georeferenciamento?



Como representar o gerefenciamento?

brasilia.tif

- SRS=...
- Res X=...
- Res Y=...
- PCs = [...]



Geo TAGs

Imagem

OGC para representações matriciais?

- Não existe um padrão para representações matriciais nem em modo texto, nem em modo binário
- No nível de outras especificações (a serem vistas adiante) GeoTiff é considerado um formato padrão.