

Cartografia para Geoinformática e Sensoriamento Remoto

Julio C L Dalge

SER-300
2023

Introdução

European Petroleum Survey Group (EPSG) ... 🤔

Sistemas geodésicos – datum horizontal

Coordenadas geodésicas ou geográficas?

Projeções cartográficas: conformidade e equivalência

Usando regrinhas cartográficas no mundo matricial

Padrão de exatidão cartográfica (PEC)

Transformação entre dados vetoriais e matriciais

Qualidade geométrica das imagens de SR

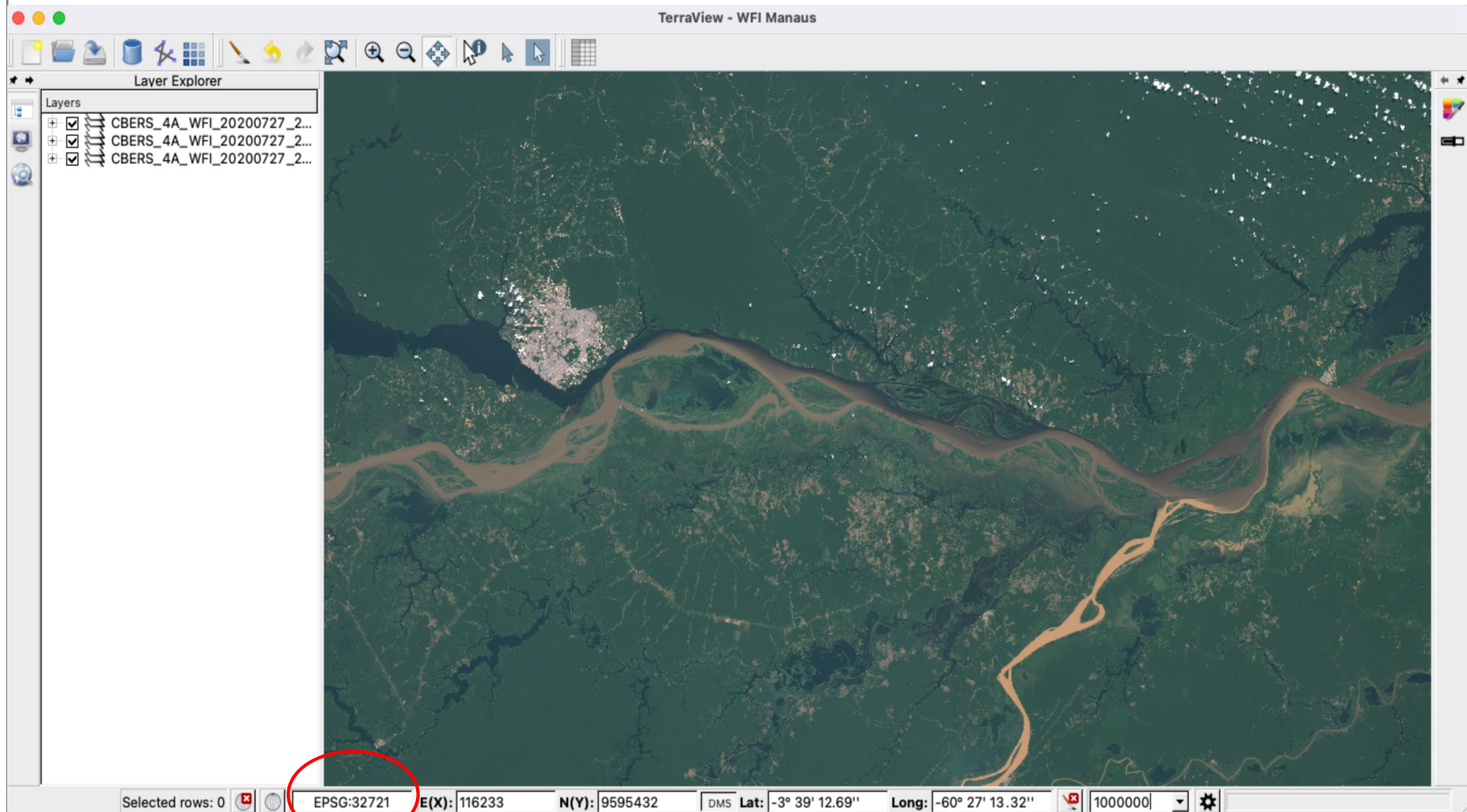
Alguns códigos EPSG no Brasil

Sistemas de coordenadas planas, Projeção UTM (Datum SIRGAS 2000)

SIRGAS 2000 / UTM zona 18N	31972
SIRGAS 2000 / UTM zona 18S	31978
SIRGAS 2000 / UTM zona 19N	31973
SIRGAS 2000 / UTM zona 19S	31979
SIRGAS 2000 / UTM zona 20N	31974
SIRGAS 2000 / UTM zona 20S	31980
SIRGAS 2000 / UTM zona 21N	31975
SIRGAS 2000 / UTM zona 21S	31981
SIRGAS 2000 / UTM zona 22N	31976
SIRGAS 2000 / UTM zona 22S	31982
SIRGAS 2000 / UTM zona 23S	31983
SIRGAS 2000 / UTM zona 24S	31984
SIRGAS 2000 / UTM zona 25S	31985

$$MC = -180^\circ + 6.zona$$

Imagem do CBERS 04A no TerraView



WGS 84 / UTM zona 21S

Metadados: parâmetros cartográficos

▼<boundingBox>

▼

```
<line>8.000000</line>
<column>0.000000</column>
<latitude>1.725773</latitude>
<longitude>-61.291657</longitude>
<northing>10191290</northing>
<eastings>22212</eastings>
```


▼<UR>

```
<line>8.000000</line>
<column>12068.000000</column>
<latitude>1.730622</latitude>
<longitude>-56.645449</longitude>
<northing>10191290</northing>
<eastings>539435</eastings>
```

</UR>

▼<LR>

```
<line>11408.000000</line>
<column>12068.000000</column>
<latitude>-5.724612</latitude>
<longitude>-56.643845</longitude>
<northing>9367225</northing>
<eastings>539435</eastings>
```

</LR>

▼<LL>

```
<line>11408.000000</line>
<column>0.000000</column>
<latitude>-5.708526</latitude>
<longitude>-61.310997</longitude>
<northing>9367225</northing>
<eastings>22212</eastings>
```

</LL>

▼<CT>

```
<line>5708.000000</line>
<column>6034.000000</column>
<latitude>-1.995931</latitude>
<longitude>-58.970471</longitude>
<northing>9779257</northing>
<eastings>280825</eastings>
```

</CT>

```
</boundingBox>
```

```
<datumName>WGS84</datumName>
```

```
<semiMajorAxis>6378137.000000</semiMajorAxis>
```

```
<flattening>0.003353</flattening>
```

```
<xShiftToWGS84>0.000000</xShiftToWGS84>
```

```
<yShiftToWGS84>0.000000</yShiftToWGS84>
```

```
<zShiftToWGS84>0.000000</zShiftToWGS84>
```

```
<projectionName>UTM</projectionName>
```

```
<originLongitude>-57</originLongitude>
```

```
<originLatitude>0</originLatitude>
```

```
<scaleFactor>0.999600</scaleFactor>
```

```
<>falseEasting>500000.000000</falseEasting>
```

```
<falseNorthing>10000000.000000</falseNorthing>
```



Sistemas geodésicos

Forma e dimensões da Terra

Geóide

Campo da gravidade

Nível médio dos mares

Terra cartográfica ou superfície de referência

Elipsóide de revolução

Esfera

Sistemas geodésicos

Datum planimétrico ou horizontal

Superfície de referência posicionada em relação à Terra real

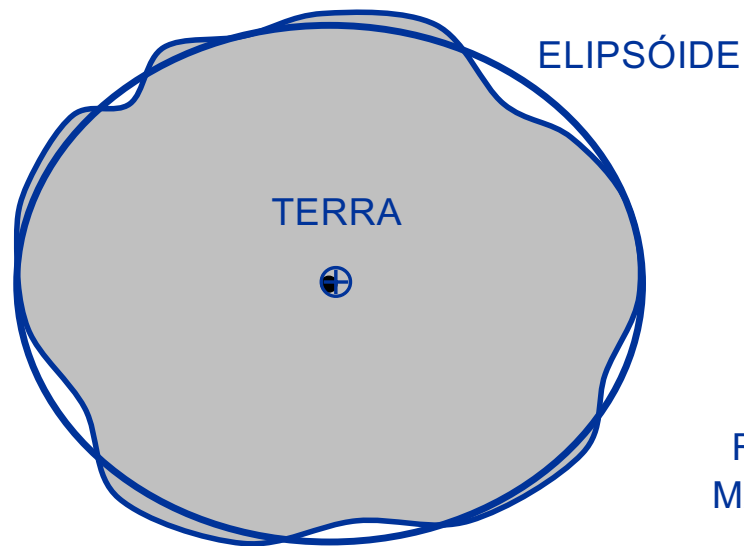
Pode ser global ou local

Causa a variação das coordenadas geodésicas

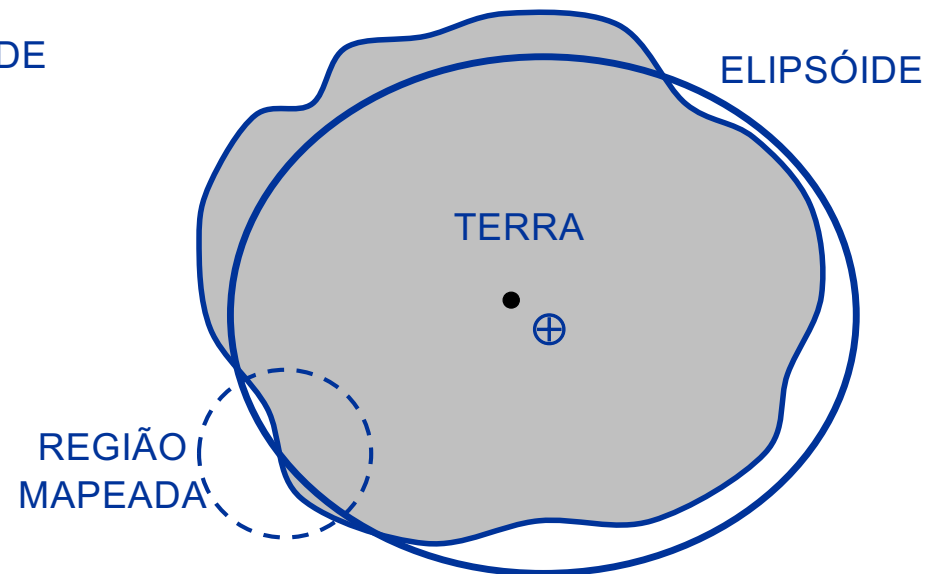
E o que são coordenadas geodésicas?

Geodésicas x Geográficas

Datum planimétrico



DATUM GLOBAL (WGS-84)
GEOCÊNTRICO



DATUM LOCAL (SAD-69)
NÃO GEOCÊNTRICO

Coordenadas geodésicas

Latitude geodésica

Ângulo entre a normal à superfície de referência (elipsóide ou esfera) e o plano do equador

Longitude geodésica

Ângulo entre o meridiano que passa pelo ponto e o meridiano origem (Greenwich, por convenção)

Datum planimétrico

SIRGAS-2000

Atual datum planimétrico brasileiro

6.378.137 metros de semieixo maior

1/298,257222 de achatamento

SAD-69

Antigo datum planimétrico brasileiro

6.378.160 metros de semieixo maior

1/298,25 de achatamento

Datum planimétrico

Datum planimétrico local

SAD-69, Córrego Alegre, NAD-27, Indian

Datum planimétrico global

WGS-84, SIRGAS-2000, NAD-83

As coordenadas geográficas, na verdade, geodésicas, variam ...

... menos que 60 m entre SAD-69 e Córrego Alegre

... menos que 100 m entre SAD-69 e WGS-84, no Brasil

Sistemas geodésicos

Em relação ao datum planimétrico:

Lembre que a variação das coordenadas geodésicas afeta a exatidão de sua base de dados

Saiba o que está medindo com um receptor GPS

Tenha cuidado com dados compartilhados (importação e exportação)

Entenda que **SIRGAS-2000 = WGS-84** para qualquer trabalho prático

Projeções cartográficas

Sistemas de projeção

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

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

Propriedades

Conformidade

Conservação dos ângulos ou das formas

Equivalência

Preservação de medidas de áreas

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, convencional

Projeções cartográficas

Land- und Himmelscharten.

$$\begin{aligned} +M \text{ cof. } p &= n \\ -N \text{ cof. } p &= m \end{aligned}$$

ausführlich vorgestellt werden. In Ansehung der erstern ist nach angestellter Rechnung und gehöriger Reduction

M cof. p

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2} A' && + \frac{1}{2} B' \lambda && + \&c. \\ &+ \frac{1}{2} (2 A'') \text{ cof. } p && + \frac{1}{2} \cdot 2 B'' \text{ cof. } p \lambda && + \&c. \\ &+ \frac{1}{2} (A' + 3 A''') \text{ cof. } 2 p && + \frac{1}{2} (B' + 3 B''') \text{ cof. } 2 p \lambda && + \&c. \\ &+ \frac{1}{2} (2 A'' + 4 A''') \text{ cof. } 3 p && + \frac{1}{2} (2 B'' + 4 B''') \text{ cof. } 3 p \lambda && + \&c. \\ &+ \frac{1}{2} (3 A'' + 5 A''') \text{ cof. } 4 p && + \frac{1}{2} (3 B'' + 5 B''') \text{ cof. } 4 p \lambda && + \&c. \\ &\&c. \end{aligned}$$

und

$$\begin{aligned} n &= b && + 2 c \lambda && + 3 d \lambda^2 && + \&c. \\ &+ b' \text{ cof. } p && + 2 c' \text{ cof. } p \lambda && + 3 d' \text{ cof. } p \lambda^2 \\ &+ b'' \text{ cof. } 2 p && + 2 c'' \text{ cof. } 2 p \lambda && + 3 d'' \text{ cof. } 2 p \lambda^2 \\ &+ b''' \text{ cof. } 3 p && + 2 c''' \text{ cof. } 3 p \lambda && + 3 d''' \text{ cof. } 3 p \lambda^2 \end{aligned}$$

§. 76.

Hier können nun die Coefficienten Glied für Glied mit einander verglichen werden; und so findet man

$$\begin{array}{l|l|l} b = \frac{1}{2} A' & c = \frac{1}{4} B' & d = \frac{1}{8} C' \\ b' = \frac{1}{2} (2 A'') & c' = \frac{1}{4} (2 B'') & d' = \frac{1}{8} (2 C'') \\ b'' = \frac{1}{2} (A' + 3 A''') & c'' = \frac{1}{4} (B' + 3 B''') & d'' = \frac{1}{8} (C' + 3 C''') \end{array}$$

(fonte: Johann Heinrich Lambert, 1772)



Parâmetros das projeções

Figura de referência (elipsóide ou esfera)

Datum planimétrico

Paralelo padrão (latitude reduzida)

Deformações nulas ... verdadeira grandeza

Longitude origem (meridiano central)

Posição do eixo Y das coordenadas planas

Latitude origem

Posição do eixo X das coordenadas planas

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

Outras projeções importantes

Cilíndrica equidistante

Visualização rápida de dados em SIG

Mapas do mundo inteiro

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

Confusão típica e frequente ... 🤔

Cilíndrica equidistante

Paralelos e meridianos igualmente espaçados

$$x = R(\lambda - \lambda_0), y = R\varphi$$

Coordenadas planas armazenadas em metros

Dados matriciais com resolução em metros

LatLong ... geográfica projetada

Paralelos e meridianos igualmente espaçados

$$x = (\lambda - \lambda_0), y = \varphi$$

Coordenadas planas armazenadas em graus

Dados matriciais com resolução em graus



Padrão de exatidão cartográfica (PEC)

Noventa por cento dos pontos bem definidos num mapa, quando comparados com medições exatas feitas diretamente no terreno, não deverão apresentar erro superior ao PEC Planimétrico estabelecido.

PEC é um indicador estatístico de dispersão, relativo a 90% de probabilidade, que define a exatidão de trabalhos cartográficos. A probabilidade de 90% corresponde a 1,6449 vezes o erro padrão (EP) ou erro médio quadrático (EMQ). O EP ou EMQ isolado num trabalho cartográfico não deverá ultrapassar 60,8% do PEC.

Padrão de exatidão cartográfica (PEC)

Tabela 1 – Padrão de Exatidão Cartográfica da Planimetria dos Produtos Cartográficos Digitais

PEC ⁽¹⁾	PEC - PCD	1:1.000		1:2.000		1:5.000		1:10.000		1:25.000		1:50.000		1:100.000		1:250.000	
		PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)
-	A ⁽²⁾	0,28	0,17	0,56	0,34	1,40	0,85	2,80	1,70	7,00	4,25	14,00	8,51	28,00	17,02	70,00	42,55
A	B ⁽²⁾	0,50	0,30	1,00	0,60	2,50	1,50	5,00	3,00	12,50	7,50	25,00	15,00	50,00	30,00	125,00	75,00
B	C ⁽²⁾	0,80	0,50	1,60	1,00	4,00	2,50	8,00	5,00	20,00	12,50	40,00	25,00	80,00	50,00	200,00	125,00
C	D ⁽²⁾	1,00	0,60	2,00	1,20	5,00	3,00	10,00	6,00	25,00	15,00	50,00	30,00	100,00	60,00	250,00	150,00

(1) Valores determinados, ou adaptados, com base nos valores do PEC Planimétrico previstos no Decreto 89.817, de 20 de junho de 1984.

(2) Produtos Cartográficos Digitais, baseado nos valores utilizados pelo “Ordinance Survey” e “National Joint Utilities Group” do Reino Unido, extraídos de ARIZA (2002, pág. 87, no qual Exatidão Cartográfica = 0,28 mm na escala do produto cartográfico e EP = 0,17 mm na escala do produto cartográfico).

Fonte: engosat.com.br

Dados vetoriais e dados matriciais

Como manter a compatibilidade entre dados vetoriais e dados matriciais?

Qual a resolução espacial necessária para integrar imagens de SR a uma base de dados vetoriais?

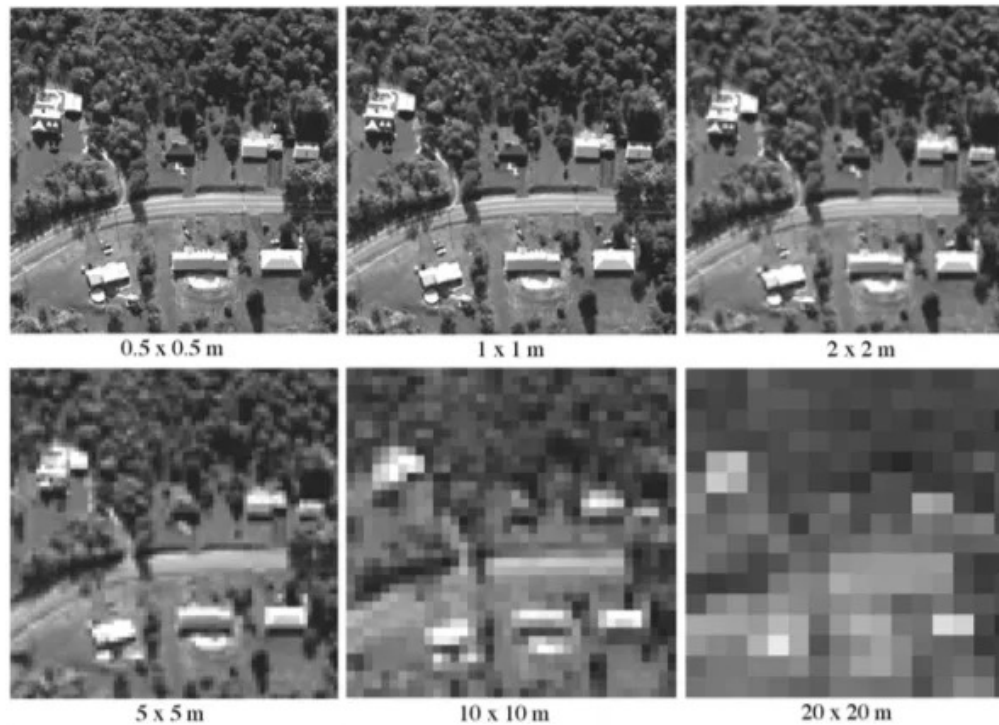
Mundo vetorial: PEC planimétrico (gostando ou não)

Mundo matricial: erro planimétrico matricial (EPM)

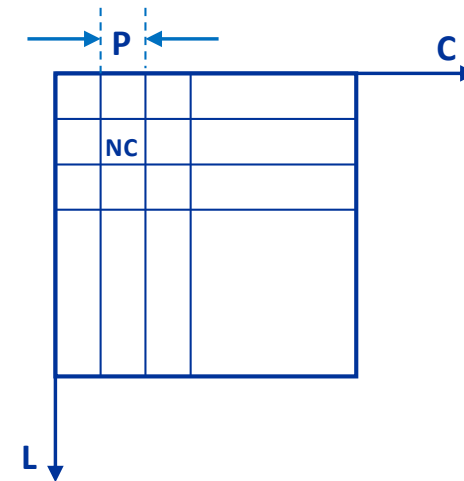
Nível de correção geométrica das imagens de SR

Escala faz sentido para dados vetoriais digitais?

Mundo matricial – resolução espacial



Fonte: idgeo.com.br



E aí, o que devemos usar como critério para erro planimétrico matricial (EPM): o tamanho do pixel P?

Qual a relação entre o PEC e o EPM?

Uma possibilidade é simplesmente dizer que ambos devem ser iguais para preservar a compatibilidade

$0,5\text{mm} / \text{escala} = P$ (no meu mundinho determinístico)

Se a escala do dado vetorial for 1:250.000, então $P = 125\text{m}$

Se a escala do dado vetorial for 1:100.000, então $P = 50\text{m}$

Se a escala do dado vetorial for 1:50.000, então $P = 25\text{m}$

Se a escala do dado vetorial for 1:10.000, então $P = 5\text{m}$

É tão simples assim mesmo ou devemos considerar outros elementos?

Dados vetoriais e dados matriciais

Após a correção geométrica as imagens podem ter erros internos da ordem de 1,5 pixel

$0,5\text{mm} / \text{escala} = 1,5P$ (1,5P usado como limiar superior)

Se a escala do dado vetorial for 1:250.000, então $P = 83,3\text{m}$

Se a escala do dado vetorial for 1:100.000, então $P = 33,3\text{m}$

Se a escala do dado vetorial for 1:50.000, então $P = 16,6\text{m}$

Se a escala do dado vetorial for 1:10.000, então $P = 3,3\text{m}$

Como fica a escala em função da resolução espacial?

Esperamos ver nas monografias ...

Parâmetros cartográficos dos dados de entrada

Datum planimétrico e projeção cartográfica

Escala ou resolução espacial

Parâmetros cartográficos da sua base de dados

Justificativa para os parâmetros adotados

Procedimentos de conversão ou compatibilização

Alguma abordagem específica para medidas de área?

Mapas da área de estudo com os resultados finais

Como garantir que os mapas finais possam ser usados como dados de entrada para novos estudos?



**“It was the mapmakers who really discovered America”
1992, Arthur Robinson (1915 – 2004)**



Christopher Columbus is credited with the discovery of America, but he died believing he had reached Asia. Simply running into a place thought to be some other place is hardly worthy of being called a 'geographical discovery.' Those who followed Columbus were similarly confused. It remained, during the next half century, for the mapmakers to fit the explorers' accounts into the world map. In the early 1500s they separated South America from Asia, but not until Mercator's map of 1538 was North America disconnected. It was analysis by cartographers that revealed the new lands to be unknown continents. Thus, the map makers were the real discoverers of America.