

Globos Digitais

Introdução

O sucesso do Google Earth, Microsoft Visual Earth e outros sistemas é mais do que cultuado e conhecido da comunidade cartográfica e do público que tem acesso aos mapas digitais. Estas ferramentas realmente desmistificaram a imagem de satélite (ou de sensores aerotransportados) como sendo de domínio exclusivo de alguns privilegiados, trazendo este contato para o visitante comum de um site.

Deixando de lado o entusiasmo de ter literalmente o mundo em nossas mãos, vamos fazer uma análise mais técnica sobre o Google Earth e sua representação cartográfica, começando com o modelo representativo desta informação neste sistema que é o Globo.

O Globo

Um Globo é um modelo tridimensional em escala de um esferóide como um planeta, estrela ou lua, e mais empregado para representar a Terra. A palavra Globo vem do Latim *Globus* que significa massa redonda ou esfera.

Globos e suas escalas

Partindo-se do pressuposto que a Terra é aproximadamente uma esfera, a representação da Terra em um modelo como o Globo requer uma transformação de escala.

Assim, podemos dizer que:

$$E_{globo} = \frac{1}{E_{globo}} = \frac{D_{globo}}{D_{terra}} \text{ (equação 1)}$$

onde

E_{globo} é a escalado globo, D_{globo} é o diâmetro do globo e D_{terra} é o diâmetro aproximado da Terra (12.742 km).

Sendo que o ponto mais alto da superfície terrestre é o Monte Everest no Nepal com cerca de 8.880 m e o ponto mais profundo da hidrosfera é a fossa da ilha de Mindanau, no Pacífico a 11.520 metros abaixo do nível do mar, usando a equação 1 podemos montar a seguinte tabela em termos de escala e dimensão altimétrica (relevo):

E_{globo}	D_{globo} [m]	Relevo [mm]
25.000	509,68	816,0
50.000	254,84	408,0
100.000	127,42	204,0
500.000	25,48	40,8
1.000.000	12,74	20,4
5.000.000	2,55	4,1
10.000.000	1,27	2,0
25.000.000	0,51	0,8
50.000.000	0,25	0,4

Globos Digitais

Um globo digital é um modelo 3D simulado por programas computacionais para representação da Terra. Um globo digital proporciona para o usuário a habilidade de se mover livremente pelo ambiente virtual mudando o ângulo de visão e posição.

Comparado a um globo convencional, globos virtuais têm a capacidade adicional de representar múltiplas visualizações da superfície da Terra. Estas visualizações podem ser de características geográficas, características artificiais como estradas e edifícios ou representações abstratas como quantidades demográficas (2007-RIEDL).

Os globos digitais preservam as vantagens de globos físicos tradicionais, mas também eliminam algumas desvantagens.

- Manuseio - Informação digital é facilmente transportada e modificações são feitas em tempo real.
- Escalabilidade - Informações Geoespaciais apresentadas em qualquer escala
- Interatividade - Representação de informação de acordo com usuário específico
- Escolha de tópicos - Superfície de globo pode ser alterada entre um número quase ilimitado de temas armazenados em bancos de dados geoespacial

O desenvolvimento de “engines” de visualização de mapas (Keyhole Inc adquirida pela Google), aquisição de companhias estratégicas (Microsoft adquiriu Vexcell), o acordo entre grandes empresas (Microsoft, Google) e fornecedores de imagem (Digital Globe) permitiram o emprego de imagens de satélite e aéreas para uso livre, propiciando o desenvolvimento de vários sistemas de globos virtuais on-lines para exibir estas imagens. Os mais conhecidos são:

- Google Earth, imagens de satélite & aéreas (inclusive imagens comerciais da DigitalGlobe) com base de dados viária internacional
- Virtual Earth 3D, interface 3D para imagens e mapas do Windows Live Local, visualizável em browsers.
- NASA World Wind, mapas topográficos do USGS e várias imagens de satélite e aéreas
- NASA World Wind, primeira versão liberada em 2001 como NASA World Wind.
- SkylineGlobe globo virtual visualizável em um browser
- Earthsim, de Servan Keondjian que exibe imagens 3D em tempo real e informações sobre a Terra. MacKiev's 3D Weather Globe & Atlas. imagens 3D baseado Blue Marble Imagery, cobertura de nuvem em quase tempo real e previsão do tempo da CustomWeather, fuso horário.

Como representar a Terra em uma tela de computador ?

A forma física de Terra é definida por uma superfície equipotencial que representa o prolongamento do nível médio dos mares chamada Geóide. Esta superfície é perpendicular à força de gravidade em qualquer ponto, não tem simetria em relação ao eixo de rotação e sofre ação da distribuição da massa terrestre.

Assim, o Geóide é uma figura representativa complexa e muito irregular para ser usado diretamente em mapeamento por causa da formulação matemática que define este modelo. Normalmente, a cartografia utiliza um esferóide ou um elipsóide para substituir a superfície representativa da Terra nos cálculos de projeção.

A projeção cartográfica é uma representação sistemática de toda ou de parte da superfície de um globo, especialmente a Terra, em um plano. Considerando que este processo não pode ser feito sem distorção, é necessário escolher as características que serão fielmente representadas nesta projeção às custas de outras que serão modificadas.

Se o mapa representar um continente ou a Terra, a distorção será visualmente aparente. Se a região a ser representada é do tamanho de uma cidade pequena, a distorção não é tão aparente, mas pode ser medida e comparada em muitas projeções, e continua sendo uma distorção.

Não pode ser dito que há uma projeção ideal para mapeamento. Mesmo assim, um globo cuidadosamente elaborado não é o melhor mapa porque sua escala será muito pequena até por necessidade. Um globo é difícil de usar em geral, e não é usado para medida de distâncias de maneira satisfatória.

O objetivo não é discutir Projeções Cartográficas. Sobre este assunto, existem inúmeras publicações e sites que detalham cada tipo de projeção existente. Seguindo o nosso objetivo principal de demonstrar qual o tipo de projeção do Google Earth, podemos direcionar nossa investigação para as projeções azimutais ou zenitais que se caracterizam por tangenciar o globo em um ponto.

Projeção Azimutal

Nesta projeção, a superfície é projetada em um plano tangente ao esferóide (ou elipsóide), com sua origem no ponto central. Esta projeção é freqüentemente chamada de projeção perspectiva, por causa do processo de geração.

Se o plano é tangente à superfície de referência, não há deformação no ponto central. Os grandes círculos (meridianos) passam obrigatoriamente pelo ponto central e são representados como linhas retas na superfície de projeção, mostrando azimutes verdadeiros. Por este motivo, a projeção é denominada azimutal.

Existem três variações desta projeção: 1) polar ou normal - eixo coincide com eixo de rotação da superfície de referência. 2) transversal - eixo de projeção no plano equatorial da superfície. 3) oblíqua - eixo em qualquer outra posição.

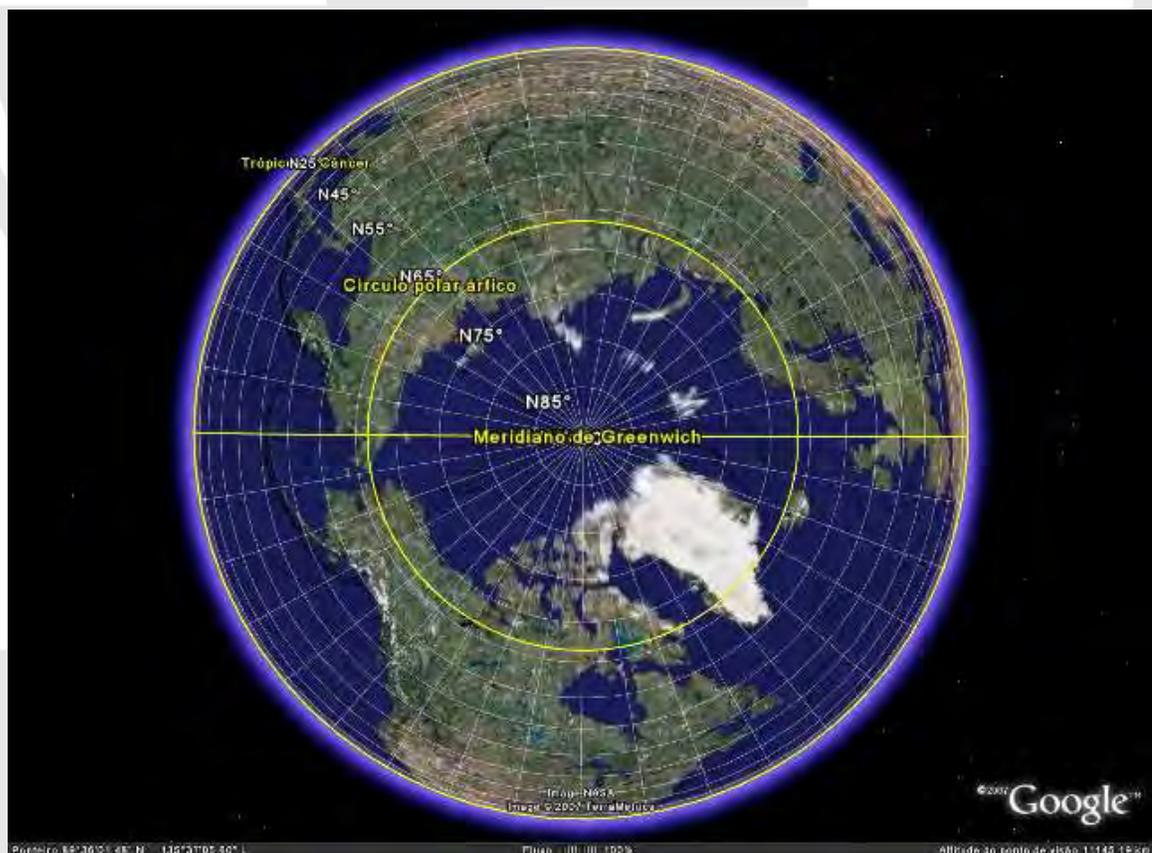


fig 1 – Visão Polar no Google Earth

Usando a ferramenta Google Earth é possível observar que a perspectiva vertical é perfeitamente possível em qualquer ponto do globo digital (fig 1). Ao mesmo tempo, usando a função de ponto de vista é possível alterar a posição do observador para uma posição inclinada em relação ao plano tangente (fig 2).

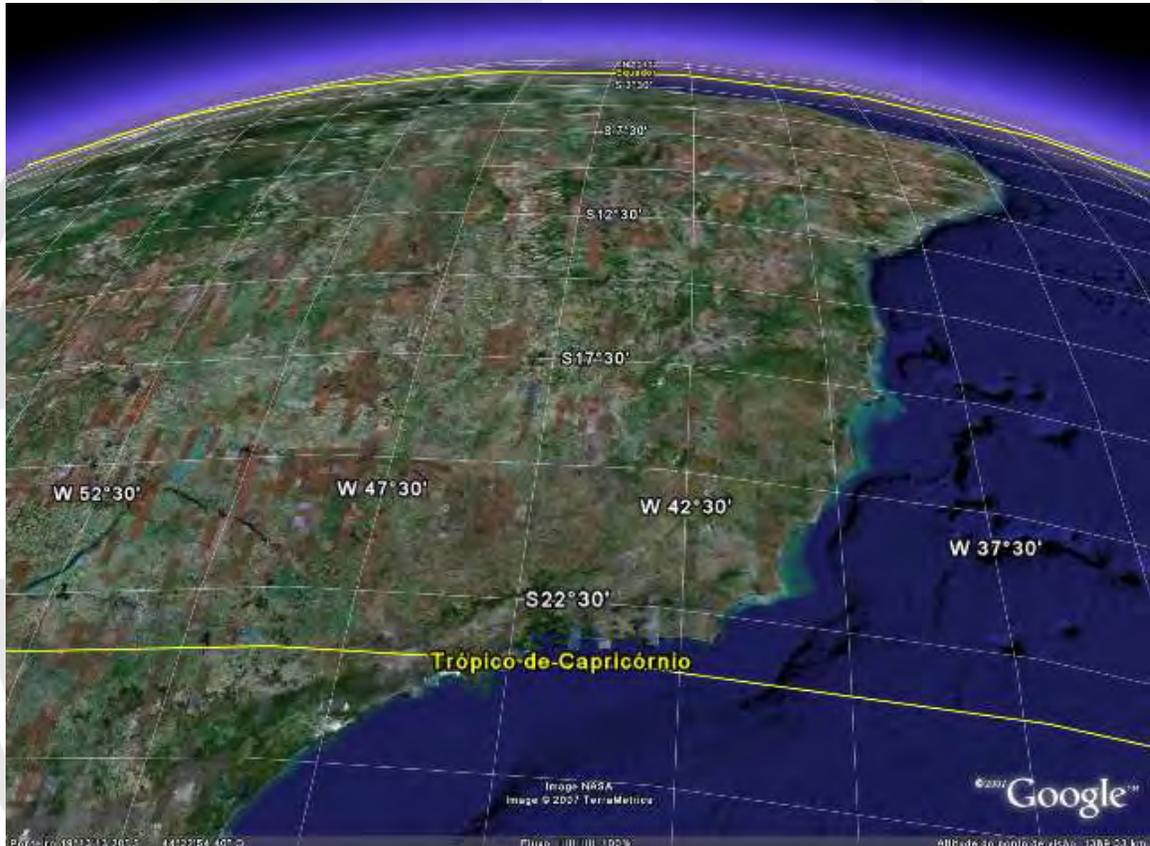


fig 2 – Visão inclinada no Google Earth

A perspectiva vertical está relacionada com variantes da Projeção Azimutal que são as projeções Estereográfica, Gnomônica, e Ortográfica. As projeções de Perspectiva Geral (ou Genérica) qualquer não são azimutais; direções não são verdadeiras no ponto central, e o plano de projeção não é tangente à esfera.

O ponto perspectivo para a Projeção de Perspectiva Geral está localizado a uma distância finita. Assim, esta projeção representa a Terra como se o observador estivesse situado acima da superfície, normalmente de centenas a milhares de quilômetros acima dela.

Imagine um astronauta em órbita, fotografando a Terra do espaço. A máquina fotográfica registra a visão como uma projeção perspectiva. Se o centro ótico da máquina fotográfica for direcionado para o centro da Terra precisamente, a projeção é uma Perspectiva Vertical. Caso contrário, uma projeção de Perspectiva Inclinada (ou Geral) é obtida.

Comprovação da hipótese

Na representação da visão vertical sobre o pólo norte, vamos medir a distância na imagem em pixel entre dois paralelos sobre o mesmo meridiano, próximo do pólo (90° e 80°) e próximo do Equador (50° e 40°) (fig 3 e 4).

$$\partial_{lat1} = \phi_{90^\circ} - \phi_{80^\circ} \text{ e } \partial_{lat2} = \phi_{50^\circ} - \phi_{40^\circ} \text{ (equações 2 e 3)}$$

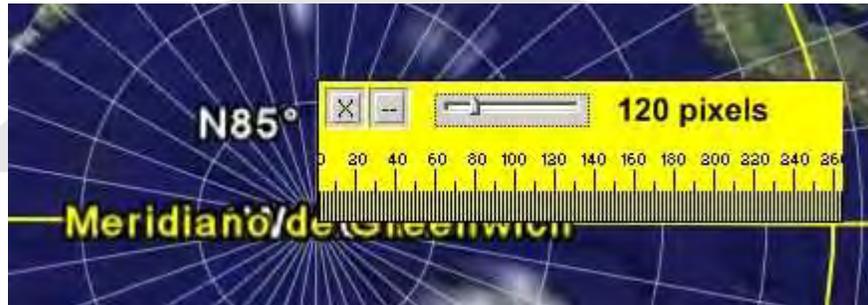


fig 3 – Leitura sobre a tela da distância em pixels entre os meridianos 80° e 90°

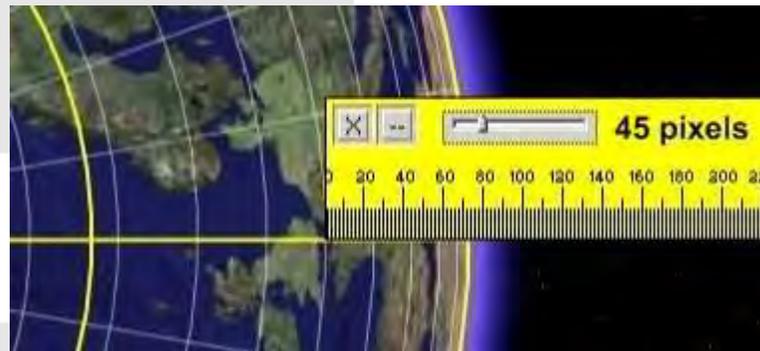


fig 4 – Leitura sobre a tela da distância em pixels entre os meridianos 40° e 50°

Da imagem, obtemos:

$$\partial_{lat1} = 120 \text{ pixels e } \partial_{lat2} = 45 \text{ pixels}$$

Calculando a razão entre as distâncias entre os paralelos na imagem, temos o seguinte:

$$Razao_{imagem} = \frac{\partial_{lat1}}{\partial_{lat2}} \text{ (equação 4)}$$

$$Razao_{imagem} = \frac{120 \text{ pixels}}{45 \text{ pixels}} = 2,667$$

Usando a formulação da Projeção Perspectiva Geral:

$$x = \rho \cdot \text{sen}(\Lambda - \Lambda_0) \text{ e } y = -\rho \cdot \text{cos}(\Lambda - \Lambda_0) \text{ (equação 5)}$$

onde

$$\rho = \frac{R \cdot (P - 1) \cdot \text{cos } \phi}{P - \text{sin } \phi} \text{ (equação 6)}$$

$$P = \frac{D}{R} = \frac{H + R}{R} \quad (\text{equação 7})$$

e onde

R = raio da Terra

D = distância do ponto perspective até o centro da Terra

H = altura do ponto perspective acima da superfície da Terra

Λ = meridiano ($\Lambda_0=0$)

A distância entre dois pontos no mesmo meridiano pode ser expresso por:

$$x_1 - x_2 = \rho_1 \cdot \text{sen}(\Lambda_1 - \Lambda_0) - \rho_2 \cdot \text{sen}(\Lambda_1 - \Lambda_0) = (\rho_1 - \rho_2) \cdot \text{sen}(\Lambda_1 - \Lambda_0)$$

$$x_3 - x_4 = \rho_3 \cdot \text{sen}(\Lambda_1 - \Lambda_0) - \rho_4 \cdot \text{sen}(\Lambda_1 - \Lambda_0) = (\rho_3 - \rho_4) \cdot \text{sen}(\Lambda_1 - \Lambda_0)$$

A razão entre as duas distâncias no mesmo meridiano Λ_1 será:

$$Razao_{proj} = \frac{x_1 - x_2}{x_3 - x_4} = \frac{(\rho_1 - \rho_2) \cdot \text{sen}(\Lambda_1 - \Lambda_0)}{(\rho_3 - \rho_4) \cdot \text{sen}(\Lambda_1 - \Lambda_0)} = \frac{(\rho_1 - \rho_2)}{(\rho_3 - \rho_4)} \quad (\text{equação 8})$$

Tomando R=6.371 km e H=10.287,5 km nas equações 6 e 7, temos o seguinte:

i	1	2	3	4
ϕ	90°	80°	50°	40°
ρ	0,0	1096,0	3576,9	3996,4

E calculando a Razão da projeção na equação 8, chegamos a:

$$Razao_{proj} = \frac{(\rho_1 - \rho_2)}{(\rho_3 - \rho_4)} = \frac{(0 - 1096,0)}{(3576,9 - 3996,4)} = 2,613$$

E finalmente, podemos dizer que:

$$Razao_{proj} = 2,613 \cong Razao_{imagem} = 2,667$$

O que demonstra que a Projeção usada pelo Google Earth é a Perspectiva Geral.

Resumo

O Google Earth mostra a Terra como se o observador estivesse em uma plataforma elevada da superfície como um avião ou um satélite. A projeção usada para alcançar este objetivo é chamada de Perspectiva Geral.

A Projeção Perspectiva é semelhante à Projeção Ortográfica, com exceção de que o ponto perspective está a uma distância finita da superfície (perto de terra) em vez do infinito (espaço). O sistema de coordenada do Google Earth é geográfico (latitude/longitude) no Datum WGS84.

Globos digitais como Google Earth e o Microsoft Visual Earth são ferramentas surpreendentes para visualização e uso de dados geoespaciais do ponto de vista do usuário leigo. Analisando em termos de usuários técnicos e especializados (cartógrafos, geodestas, fotogrametristas) é difícil obter informação detalhada sobre as fontes/origem, qualidade geométrica, qualidade temporal e os ciclos de atualização dos dados geoespaciais

Referências

[Riedl, A. (2007): Digital Globes, in Cartwright, Peterson, Gartner (Eds.): Multimedia Cartography, 2nd Edition, 546p., Springer]

[Cramer, M. (2007): Towards a 3D Digital Globes – Technologies, Projects and Niches: PHOWO – 2007, Tutorial., Stuttgart]

Sites

[<http://globesatellite.biz>]

[<http://pubs.er.usgs.gov/usgspubs/pp/pp1395>]

Amauri Alfredo Brandalize - Engenheiro Civil, atua como Diretor Técnico da área de Levantamentos da empresa ESTEIO Engenharia e Aerolevantamentos S.A.

ESTEIO