

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Departamento de Engenharia de Transportes – PTR

Laboratório de Topografia e Geodesia – LTG

PTR 3111 – Geomática I



SISTEMAS DE



PROJEÇÃO CARTOGRÁFICA

Projeção Cartográfica é a técnica de projetar a superfície da Terra, admitida como esférica ou elipsóidica, em um plano. A projeção cartográfica é definida por um **Modelo da Superfície Terrestre** e pelo **plano de projeção**.

Mapas são representações totais ou parciais da superfície terrestre em um plano, em uma **determinada escala**.

Planta Topográfica é uma representação plana de uma porção da superfície da Terra, pequena o bastante para se desconsiderar distorções devido à curvatura terrestre.

Deformações das projeções Cartográficas

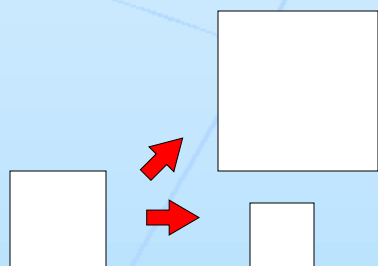
O problema da cartografia consiste na tentativa de representar a superfície terrestre, modelada como esfera ou elipsóide, no plano. Esses modelos são superfícies *não-desenvolvíveis*, ou seja, não é possível sua perfeita planificação.

Portanto, qualquer sistema projetivo apresenta **distorções de formas, de áreas, de ângulos ou de distâncias**. O tipo de projeção adotado em um mapa deve ser aquele que melhor conservar propriedades de interesse do usuário.

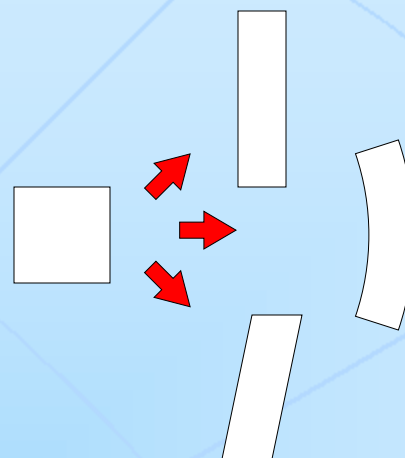


O Globo Terrestre é uma representação tridimensional da superfície da Terra, livre de deformações.

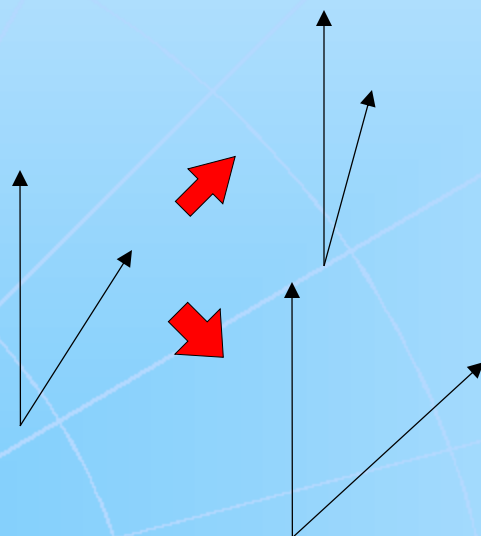
Deformações das projeções Cartográficas



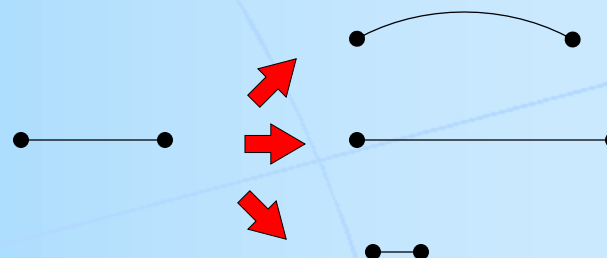
Deformação de área



Deformação de forma



Distorção angular



Deformação de distâncias

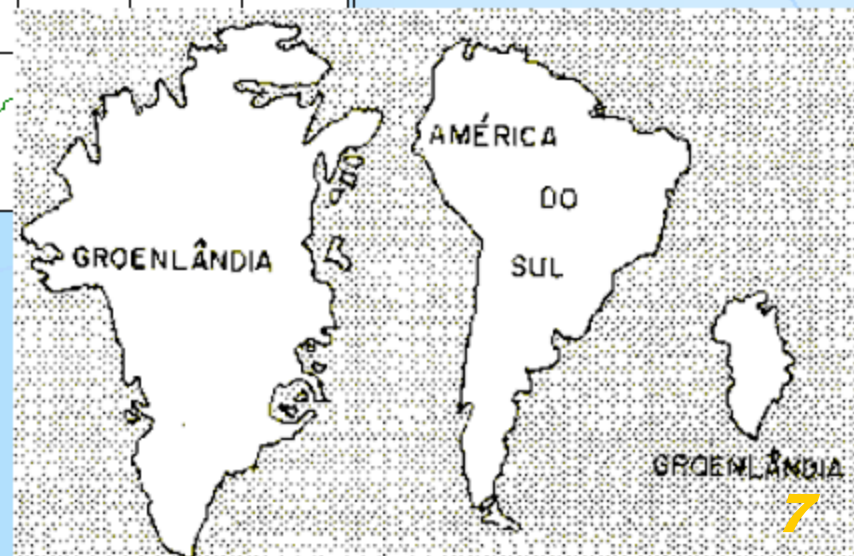
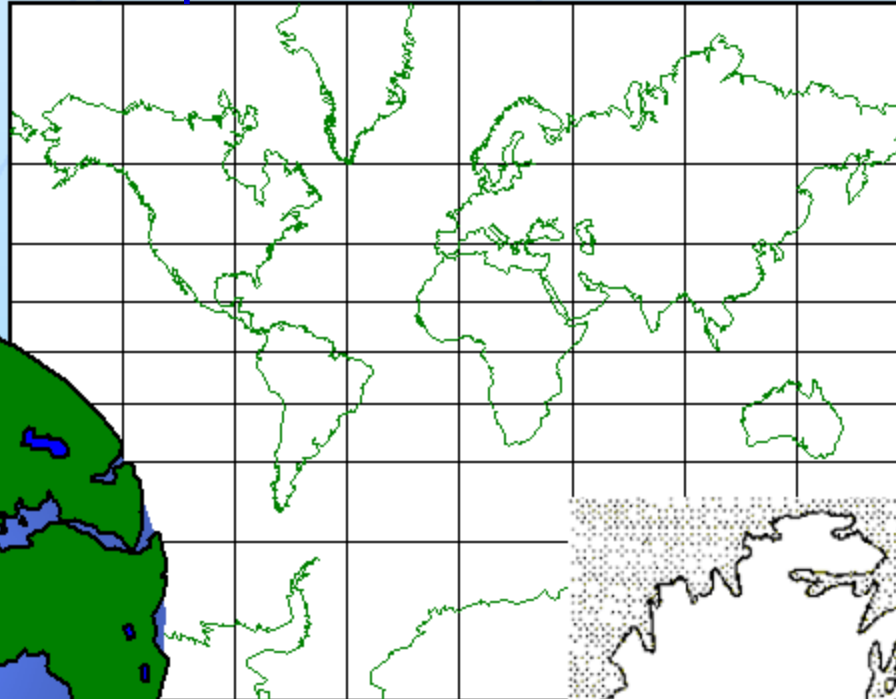
Deformações das projeções Cartográficas

- **Eqüidistante**
 - Sem deformações lineares em uma ou algumas direções
- **Equivalente (eqüiárea)**
 - Sem deformações de área (dentro de certos limites)
- **Conforme (ortomórfica)**
 - Sem deformações de ângulos (dentro de certos limites)
- **Afilática**
 - Não conserva propriedades, mas minimiza as deformações em conjunto

Deformações das projeções Cartográficas

Exemplo

Equatorial de Mercator

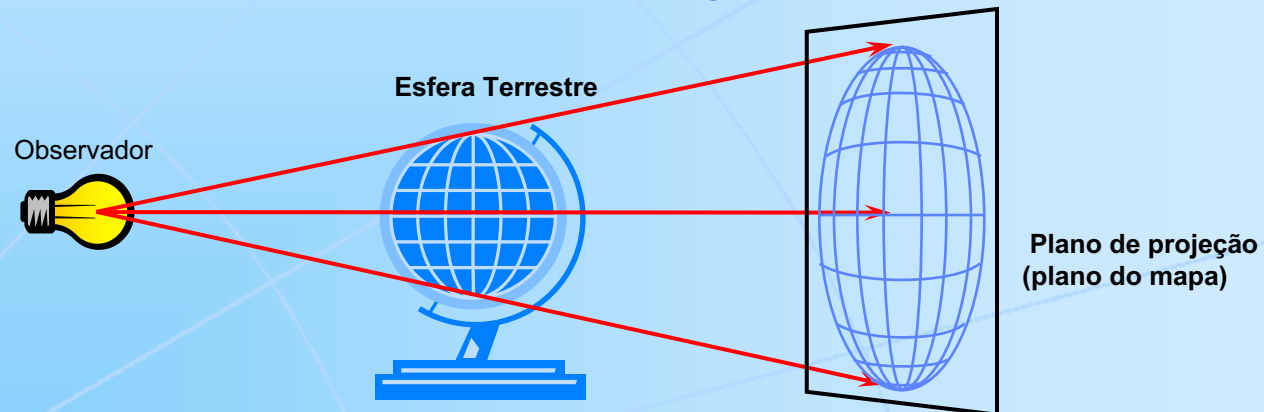


Classificação das Projeções: Quanto ao Método construtivo

● Geométrica

Baseia-se em princípios geométricos projetivos, a saber:

➤ Perspectiva: definida por um **Ponto de Vista (observador)** e por **Raios Visuais** que atravessam a superfície da esfera terrestre e incidem no **plano de projeção**;



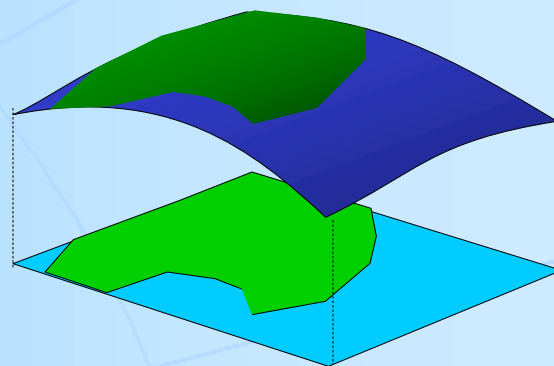
➤ Pseudo-perspectiva: recorre-se a artifícios geométricos de modo a obter-se alguma propriedade interessante.

Classificação das Projeções: Quanto ao Método construtivo

● Analítica

Baseada em leis de correspondência matemática provenientes de condições previamente estabelecidas. Não possui ponto de vista no significado geométrico. São classificadas em:

- Simples (regulares)
- Modificadas (irregulares)



● Convencional

Baseada em princípios projetivos por convenção, para deduzir uma expressão matemática.

Designação das Projeções

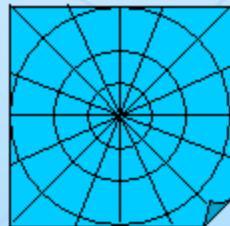
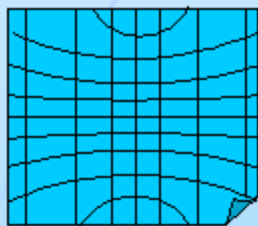
- Natureza da superfície de projeção (*plana, cônica, cilíndrica*)
- Posição do eixo (ou ponto) em relação à linha dos pólos (*polar, normal, transversa*)
- Propriedade que conserva, se for **analítica** (*conforme, eqüidistante, equiárea*)
- Posição do ponto de vista, se for **geométrica** (*gnômica, estereográfica, cenográfica e ortográfica*)

Projeções Geométricas: Posição do Observador



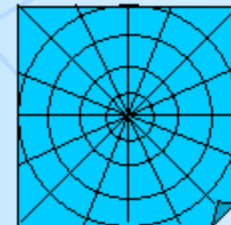
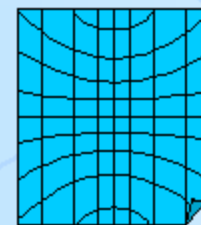
- Gnômica

(PV no centro da Terra)



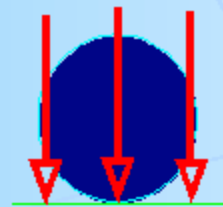
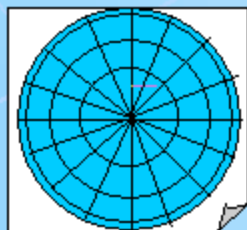
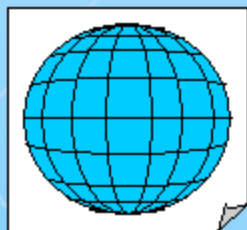
- Estereográfica

(PV diametralmente oposto)

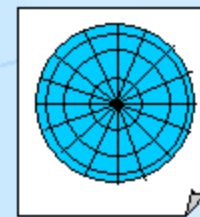
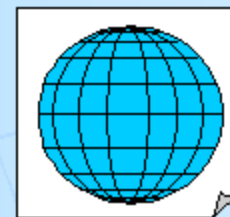


- Cenográfica

(PV a uma distância qualquer)

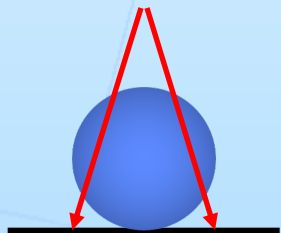


- Ortográfica
(PV no infinito)

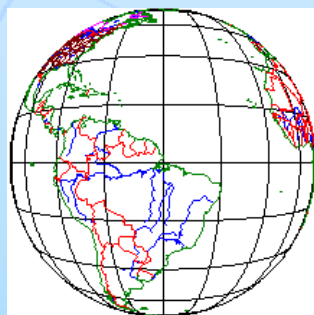


Projeções Geométricas – Posição do Observador

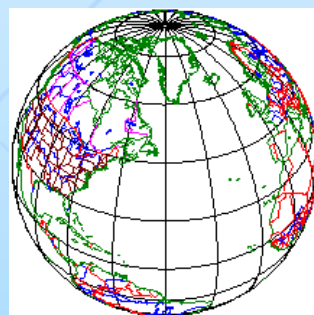
Exemplo: Esfera terrestre vista “de fora”



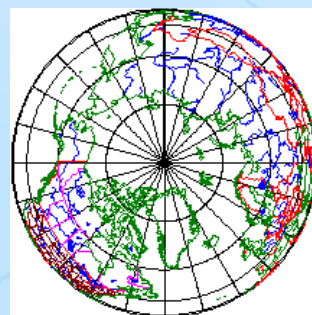
- Cenográfica



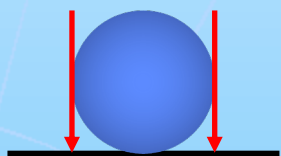
0°



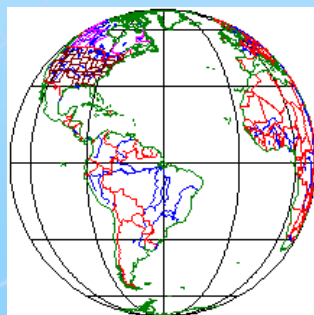
45° N



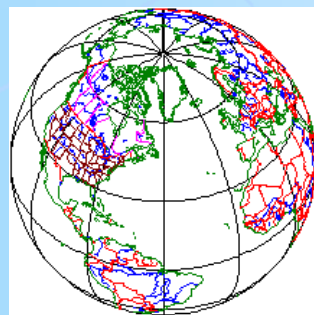
90° N



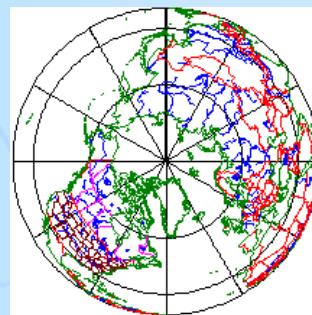
- Ortográfica



0°



45° N

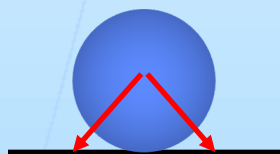


90° N

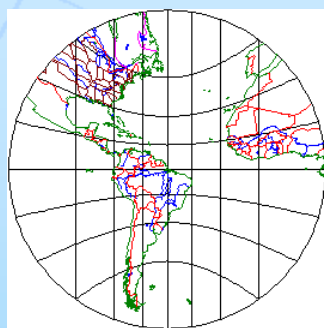
É possível distinguir as projeções ortográficas e cenográficas observando um globo terrestre. Quanto maior a distância, mais a vista cenográfica se aproxima da ortográfica.

Projeções Geométricas – Posição do Observador

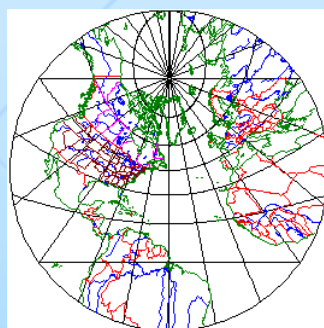
Exemplo: Esfera terrestre vista “de dentro”



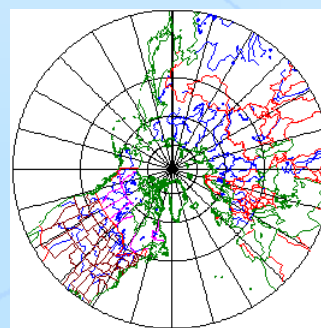
- Gnômica



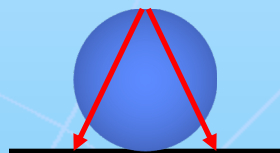
0°



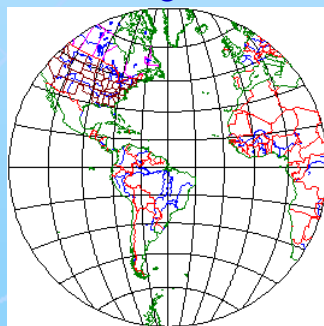
45° N



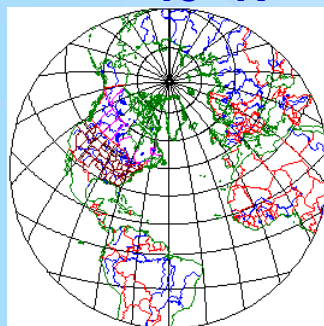
90° N



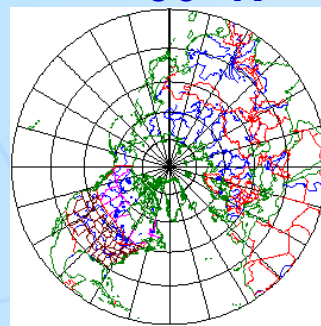
- Estereográfica



0°



45° N

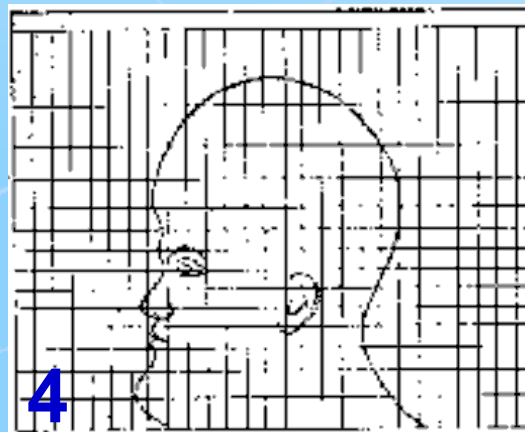
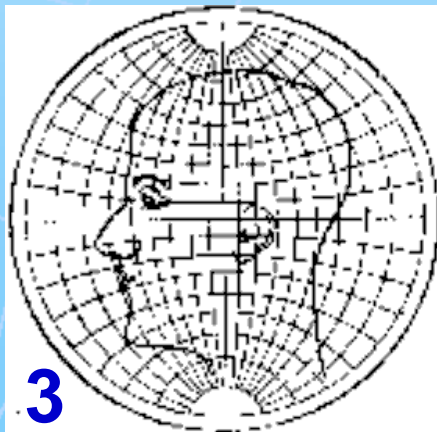
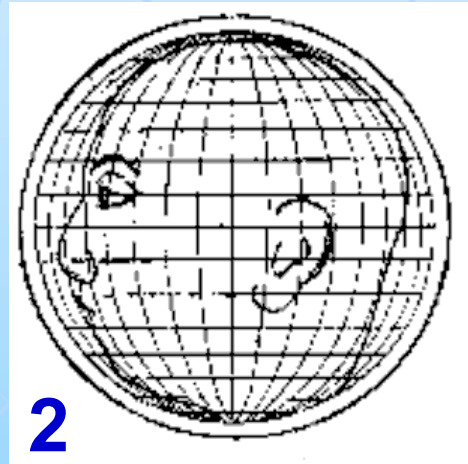
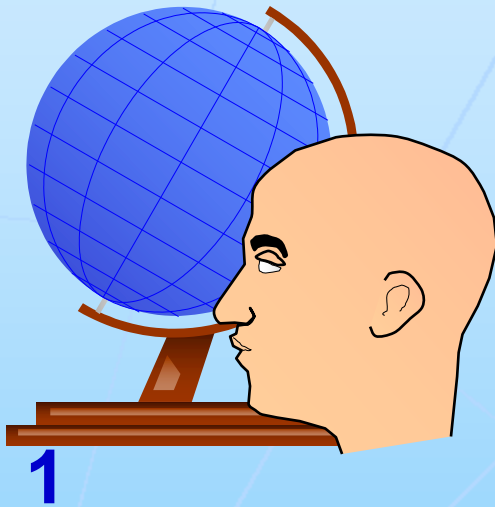


90° N

Para compreender as formas assumidas por estas projeções, imagine-se no interior de um globo terrestre transparente, observando os traçados na superfície.

Deformações das Projeções Geométricas

Exemplos



- 1 – Forma original sobre a superfície do globo
- 2 – Projeção Plana Ortográfica: formas alargadas no equador, convergindo para os pólos
- 3 – Projeção Plana Estereográfica: formas convergem para os pólos
- 4 – Projeção Cilíndrica Equatorial: formas aumentam infinitamente com aumento da latitude

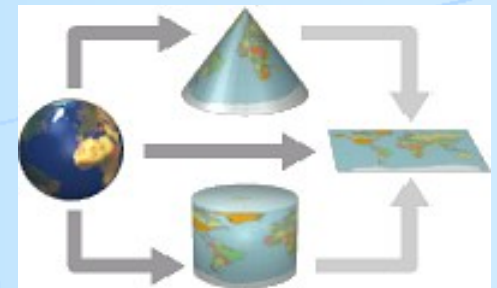
Classificação das Projeções: Superfície Adotada

Superfícies Planas ou Azimutais (zenitais)

- Plano tangente ou secante
- O nome azimutal deve-se a propriedade conforme, pois os azimutes se mantêm

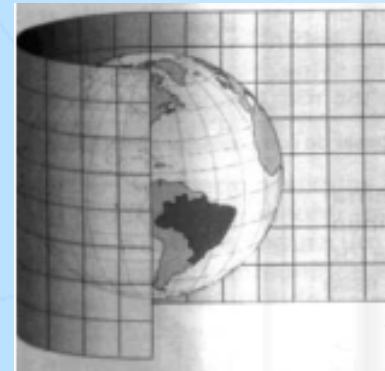
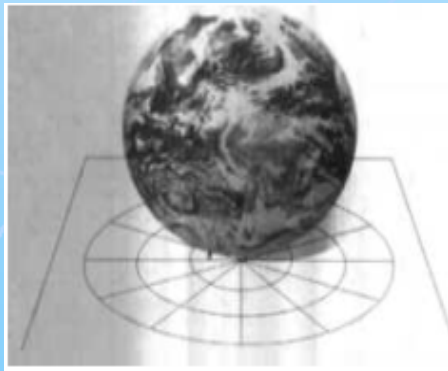
Superfícies de Desenvolvimento

- Cônicas ou policônicas
- Cilíndricas
- Poliédricas (ver anexo 2)



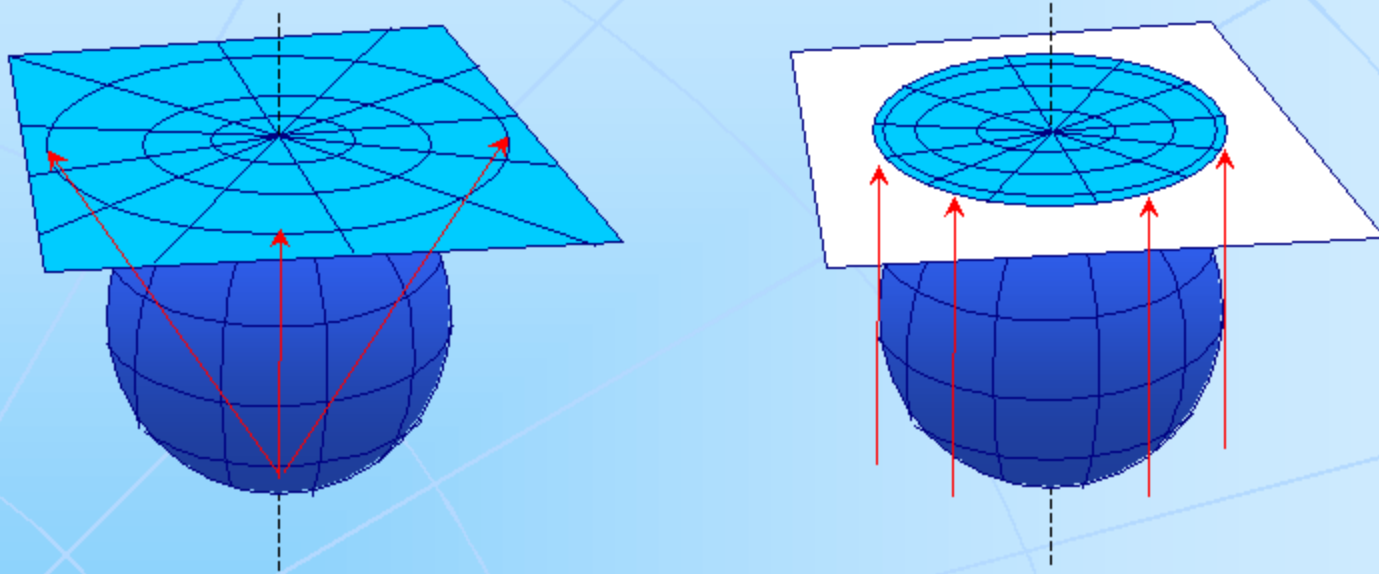
Projeções Geométricas: Superfície adotada

A maioria das projeções hoje utilizadas deriva de três tipos: planas (ou azimutais), cônicas e cilíndricas. Estas são as superfícies desenvolvíveis que melhor se adaptam à esfera.



Projeções Planas ou Azimutais

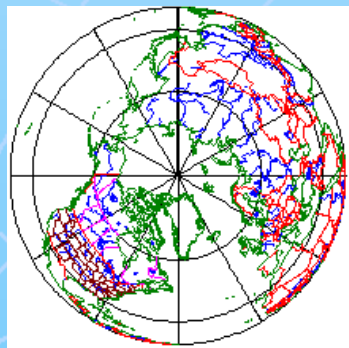
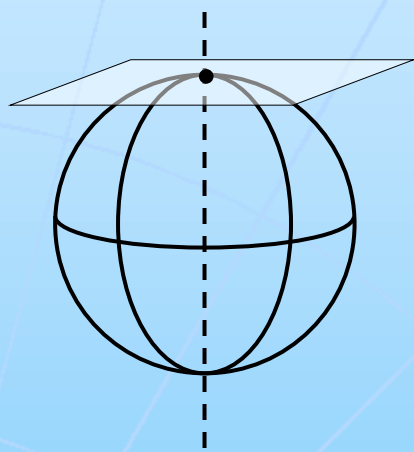
A *projeção azimutal* resulta da projeção da superfície terrestre sobre um plano a partir de um ponto de vista.



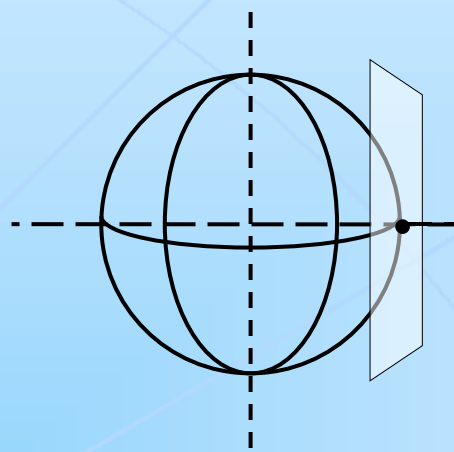
Sua principal propriedade é a conservação de azimutes. São utilizadas para a confecção de mapas náuticos e aeronáuticos.

Projeções Planas ou Azimutais

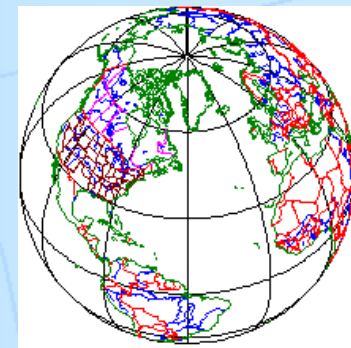
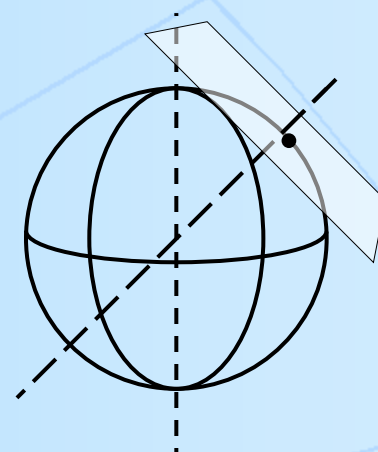
Polar



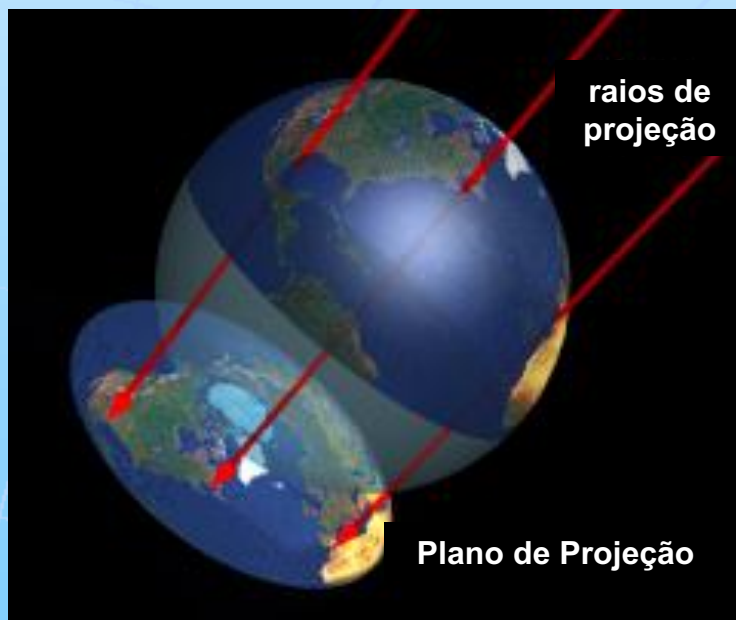
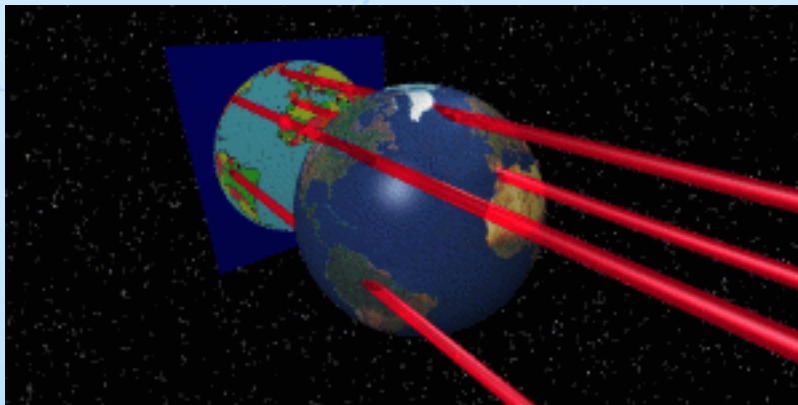
Equatorial/ Meridional



Horizontal/ Oblíqua

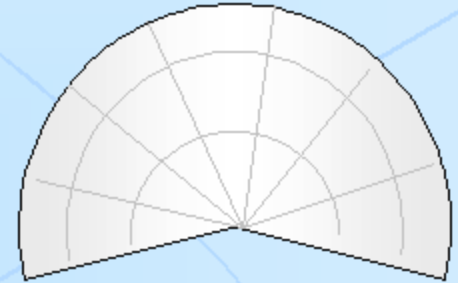
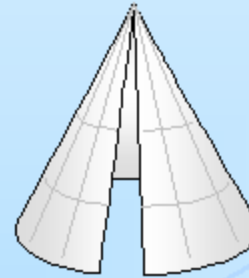
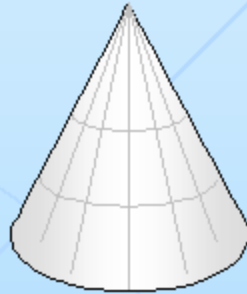
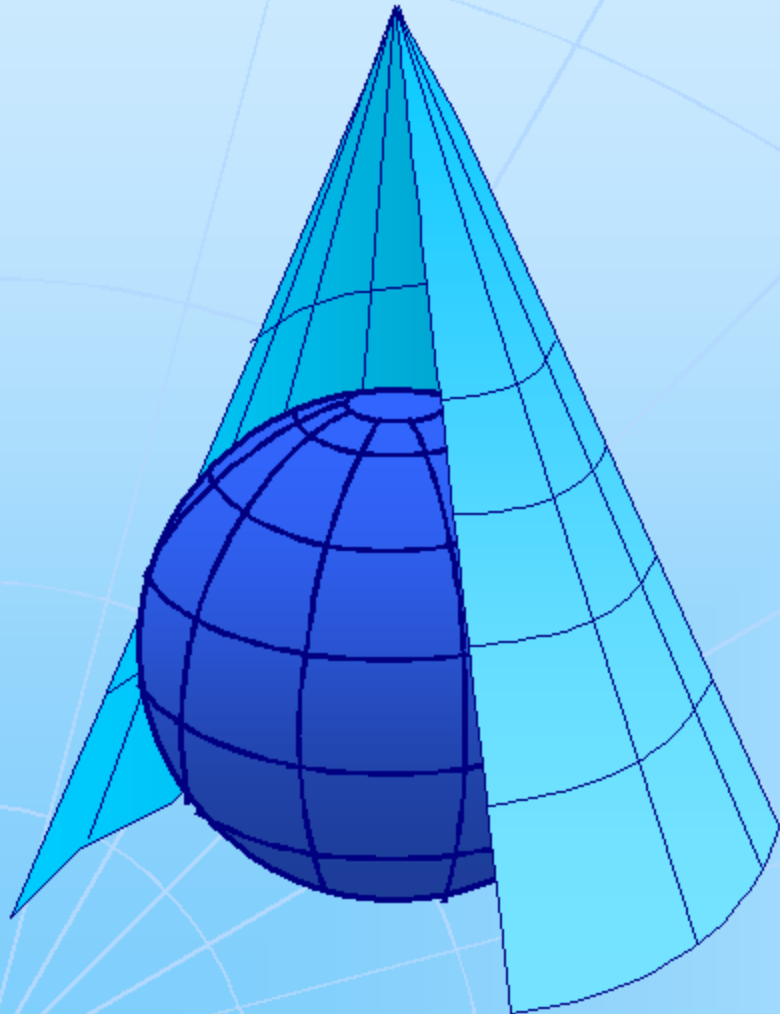


Projeção Plana

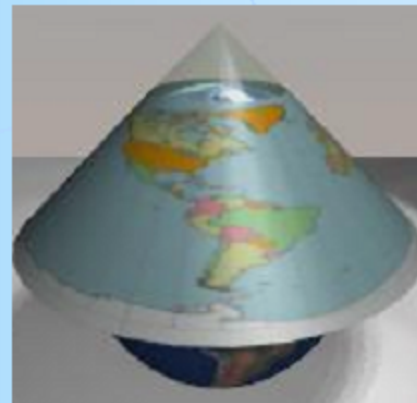


Projeções Planas Ortográficas
Fonte: Carlos A. Furuti, 1997
www.progonos.com/furuti

Projeções Cônicas

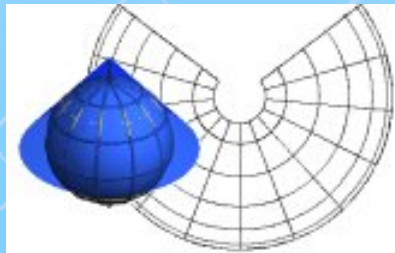
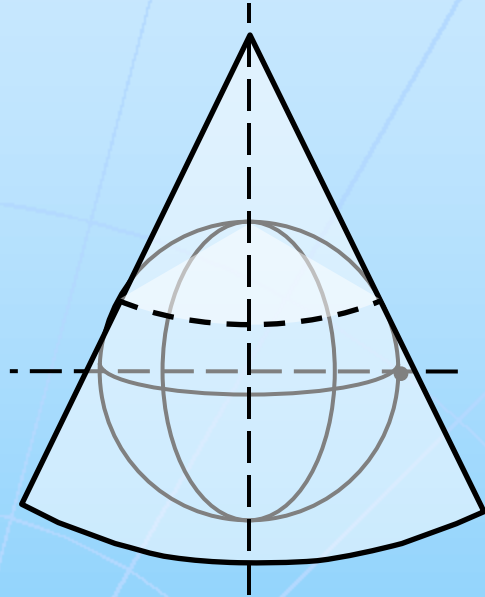


- Cone tangente ou secante (superfície planificável)
- Meridianos radiais
- Paralelos circulares

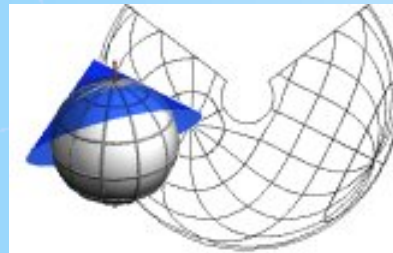
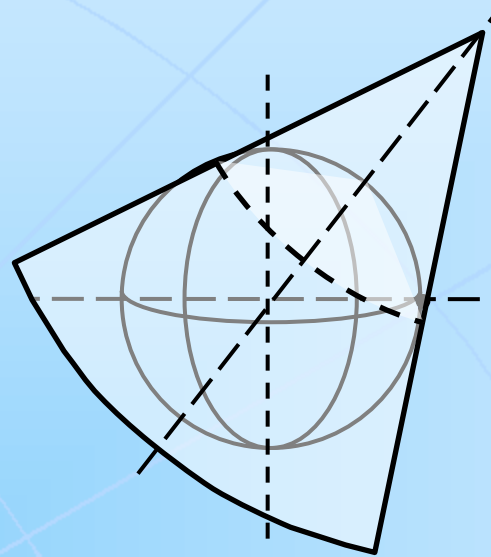


Projeções Cônicas

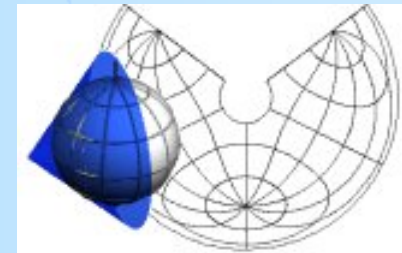
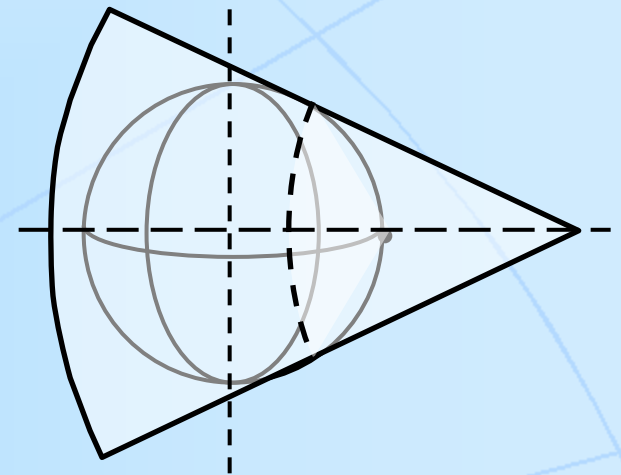
Normal/Polar



Oblíqua

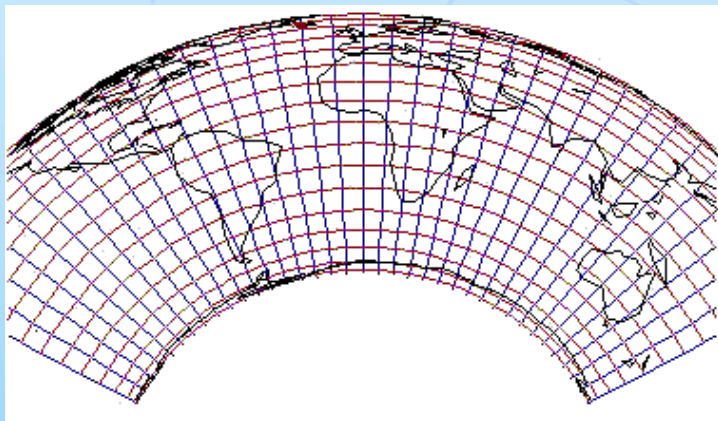


Transversa

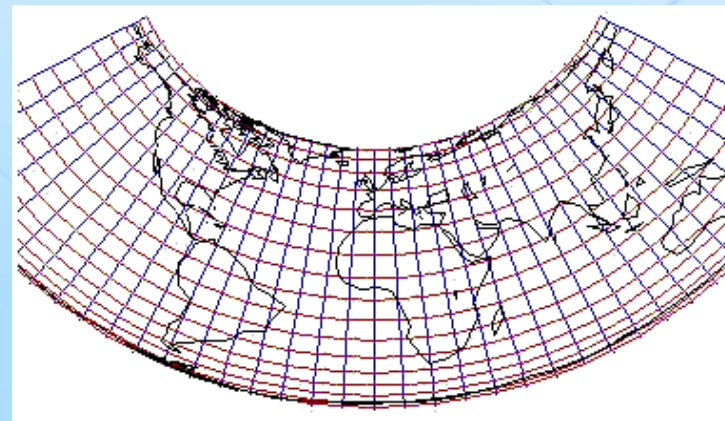
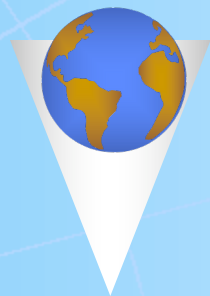


Projeções Cônicas

Exemplos:



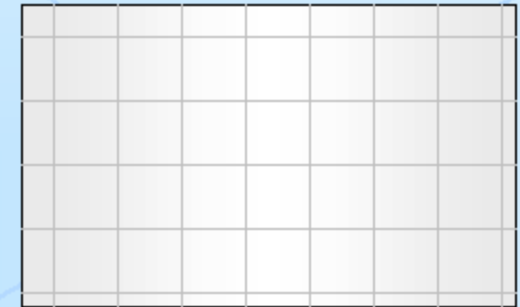
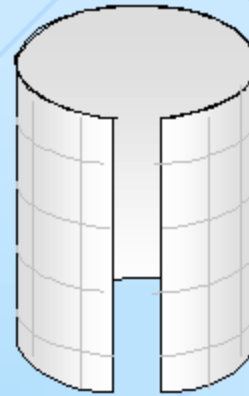
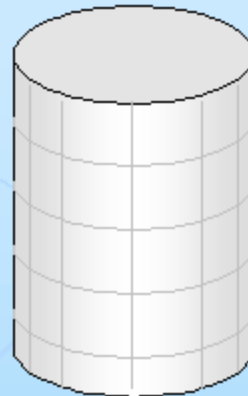
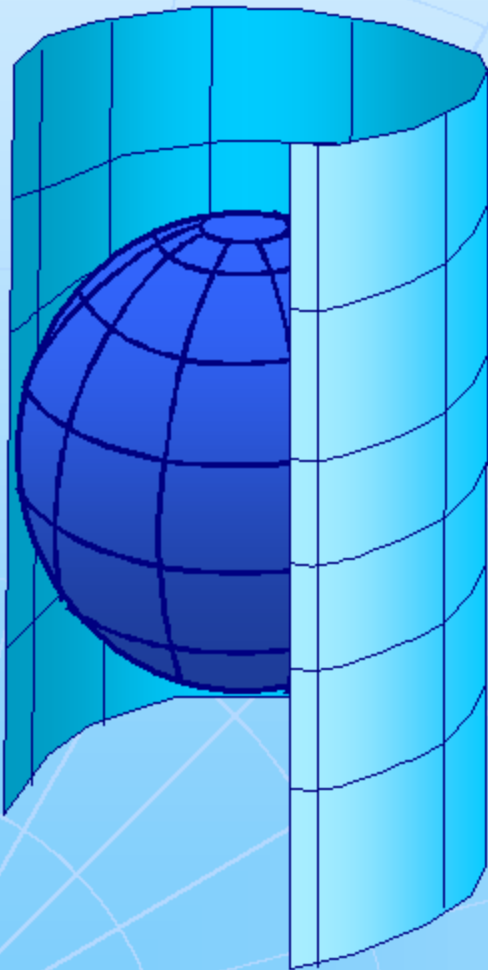
Projeção Cônica
Polar Sul



Projeção Cônica
Polar Norte



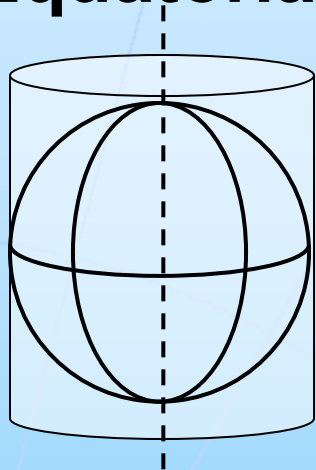
Projeções Cilíndricas



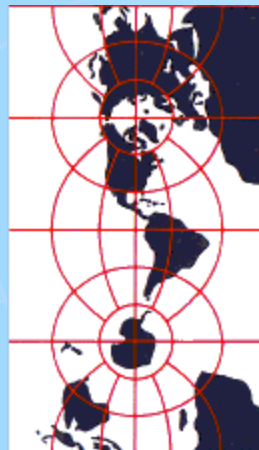
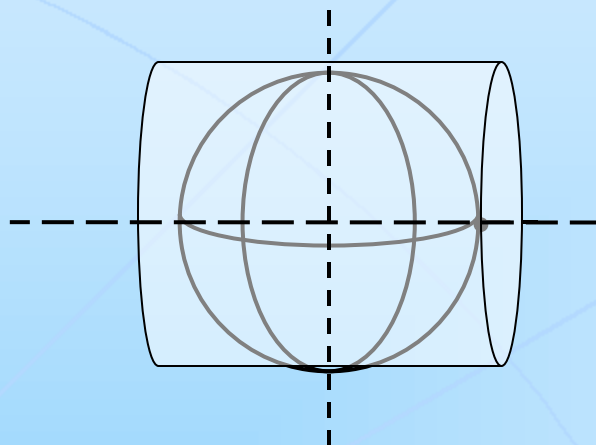
- cilindro envolvente (tangente ou secante);
- aumento progressivo das deformações à medida em que se afasta do círculo de contato cilindro-esfera/elipsóide;
- projeção mais utilizada em mapas-múndi.

Projeções Cilíndricas

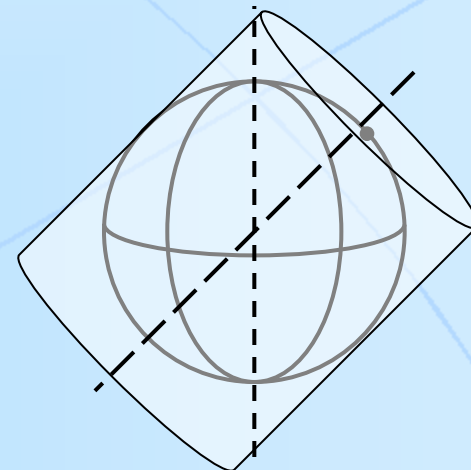
Equatorial



Transversa

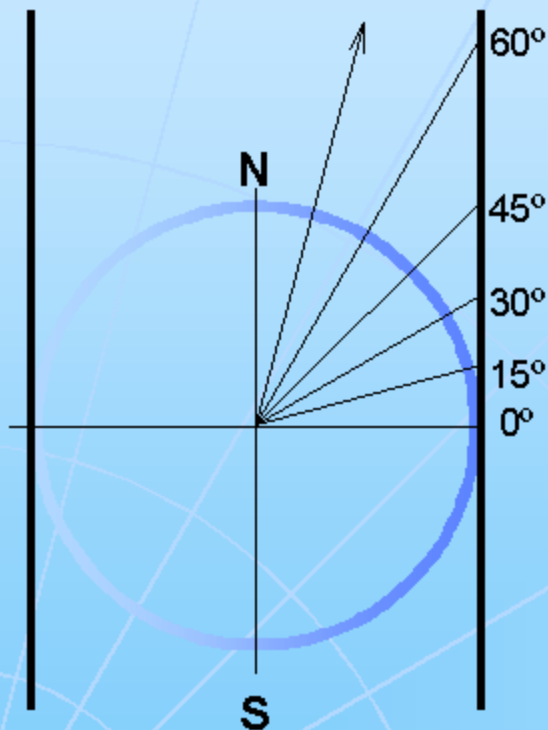


Oblíqua

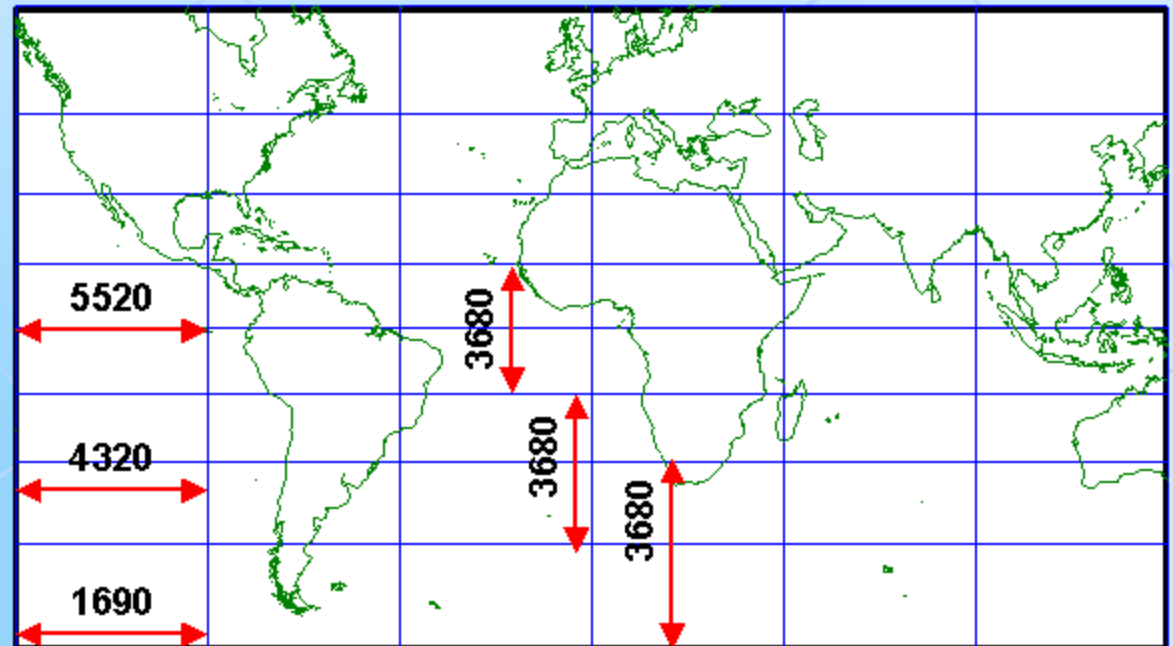


Deformações Progressivas

Assim como a função tangente $\tan(\alpha)$ tende ao infinito quando α se aproxima de 90° , as formas projetadas aumentam ilimitadamente na projeção cilíndrica.

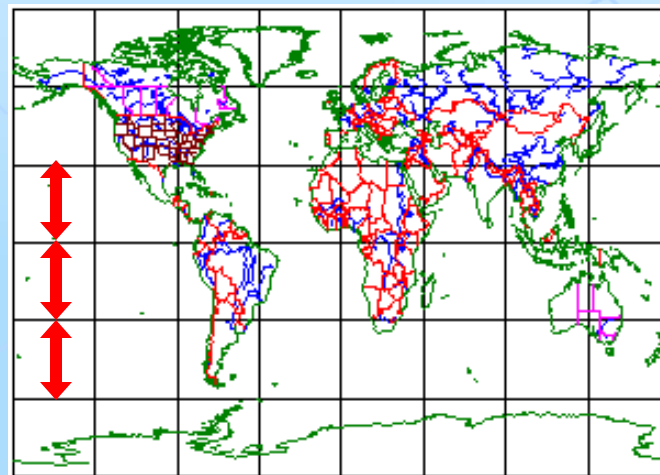
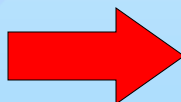
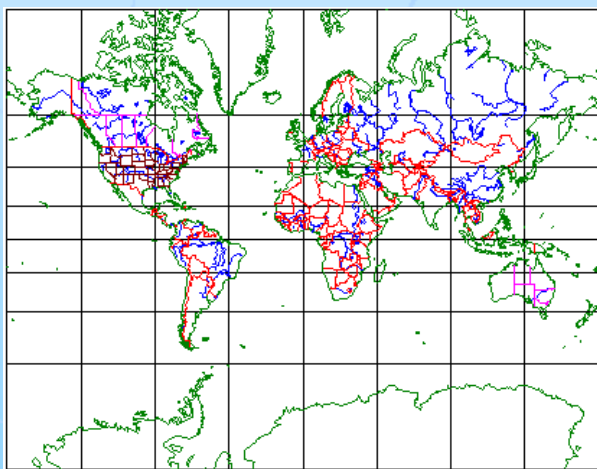


Cilindro de Projeção



Projeções Analíticas

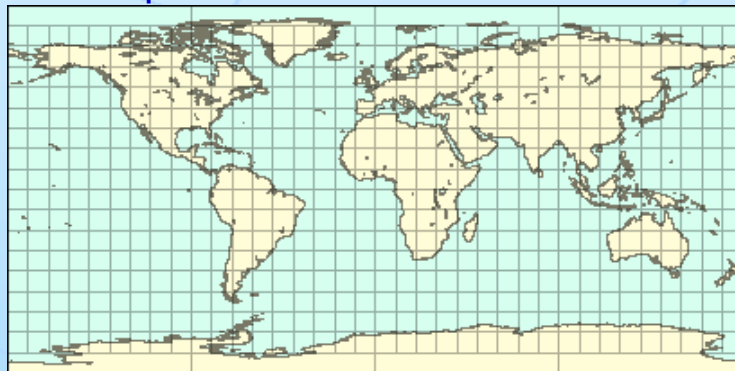
Exemplo



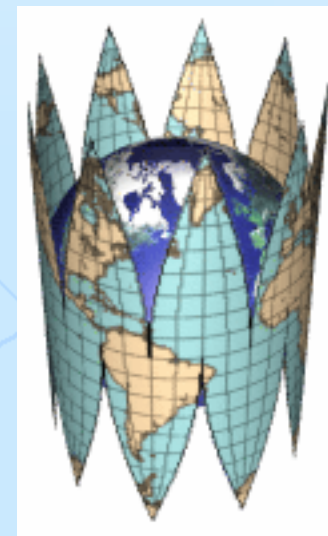
- Cilíndrica Geométrica: **Projeção Cilíndrica**, as deformações aumentam à medida em que a latitude aumenta

- Cilíndrica Analítica Equiretangular: **Projeção Cilíndrica**, as deformações em latitude são compensadas de forma a manterem-se constantes.

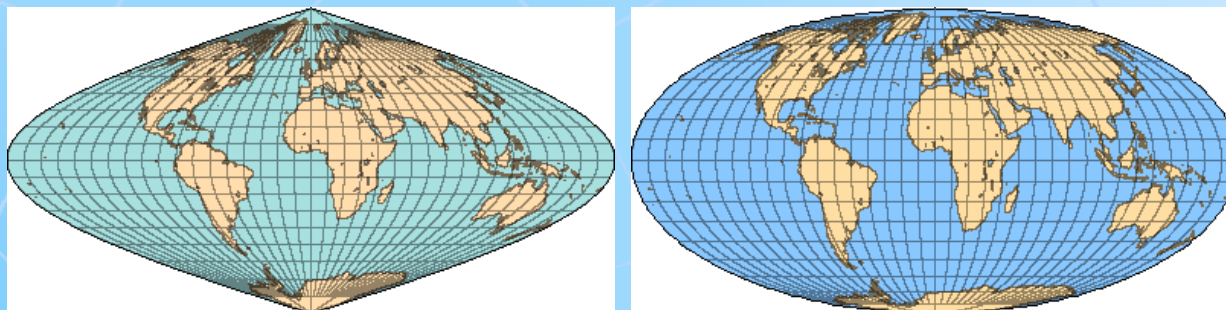
Antes de Gauss provar ser matematicamente impossível preservar forma e tamanho simultaneamente em uma projeção cartográfica, várias tentativas foram feitas para esse fim.



As **projeções cilíndricas equatoriais** são o tipo mais comum, no entanto não podem ser equidistantes e equiáreas ao mesmo tempo e apresentam crescentes deformações de longitude nas regiões afastadas do equador.

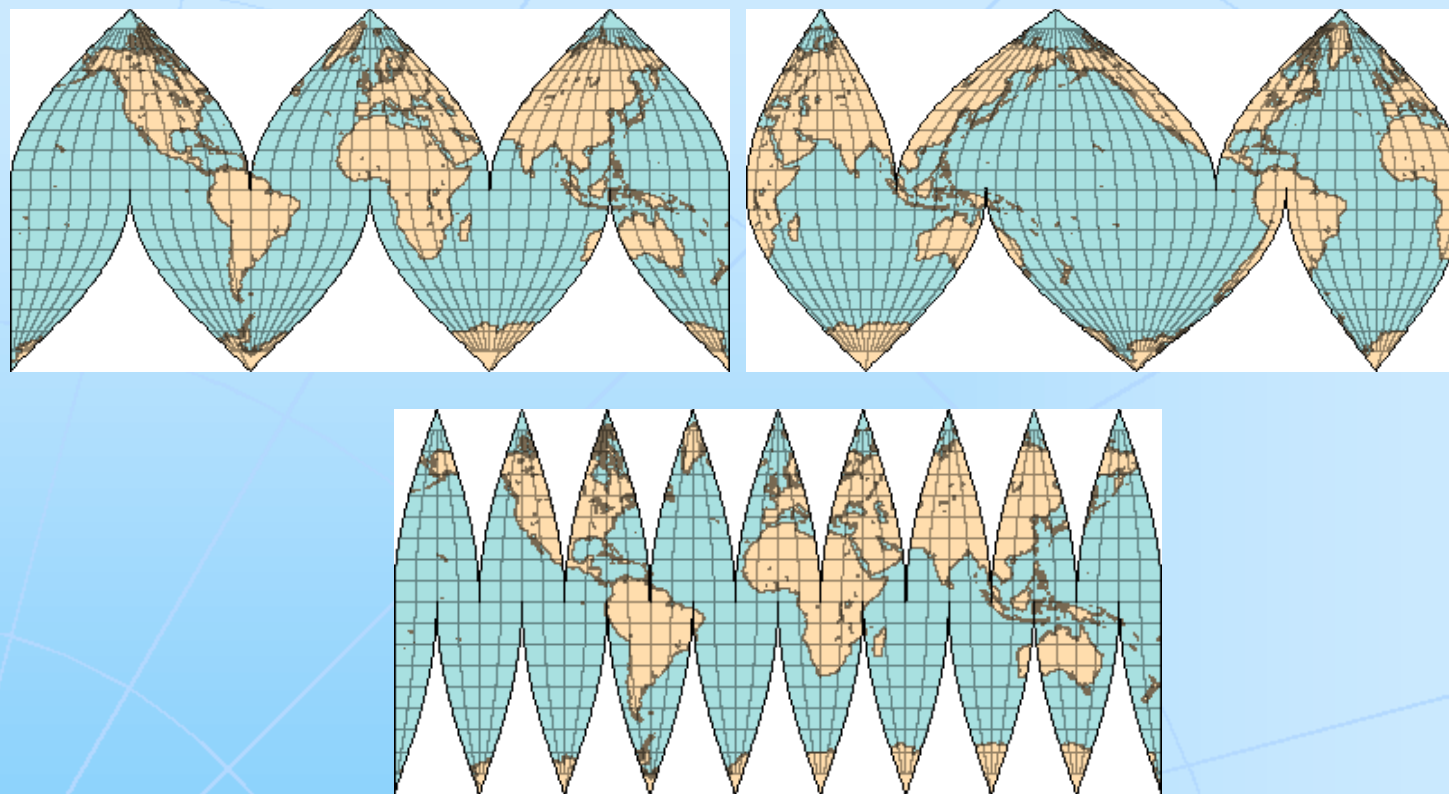


Obter uma superfície que envolva completamente a esfera, este era o objetivo de matemáticos e cartógrafos do passado.



Para compensar esse efeito, foram criadas diversas versões modificadas, com destaque para as **projeções sinusoidais**.

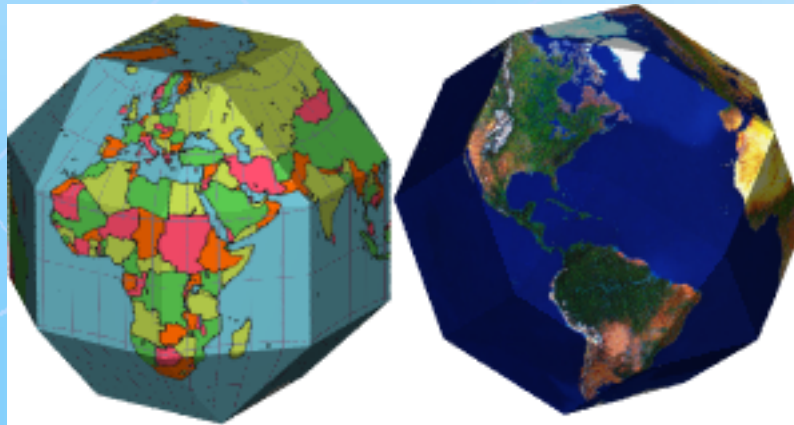
Os mapas preservam em parte distâncias e área, mas apresentam grande distorção de forma em sua periferia.



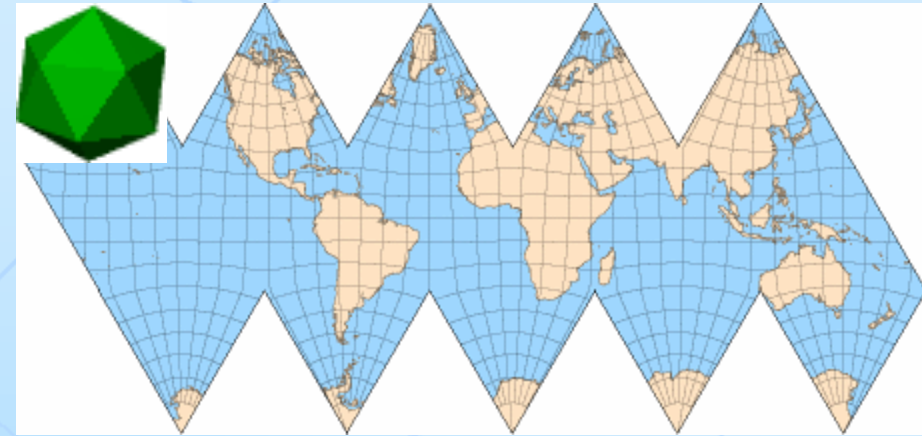
Os mapas interrompidos procuram reduzir esse efeito, “recortando” a superfície terrestre em linhas arbitrárias. Quanto mais “cortes”, ou interrupções, menos distorcidos ficam os contornos dos continentes. Evidentemente, as áreas interrompidas ficam comprometidas.

As projeções poliédricas são combinações de diversas projeções planas, dispostas na forma de faces de um poliedro.

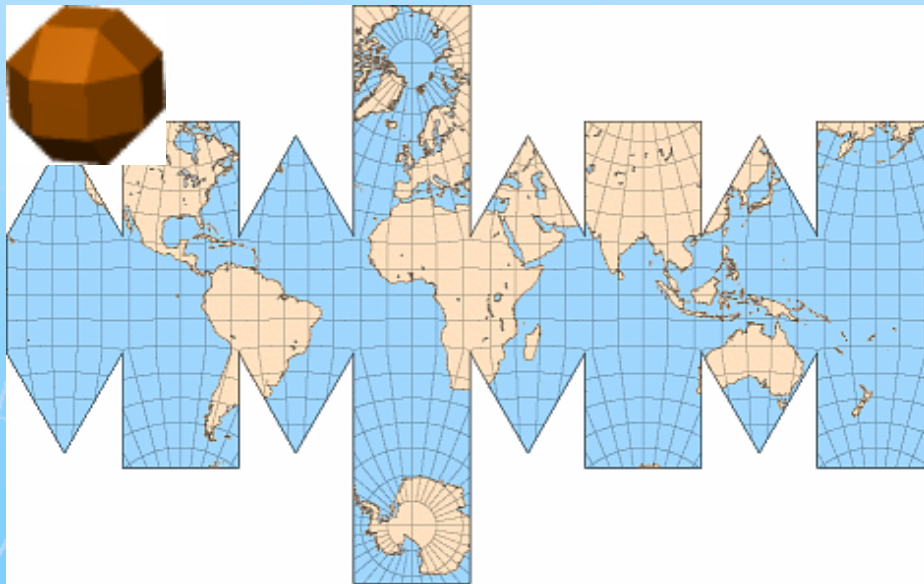
Um poliedro é uma superfície desenvolvível. Quanto mais faces tiver, mais se aproximará da esfera e menores serão as distorções. No entanto, surgirão mais interrupções.



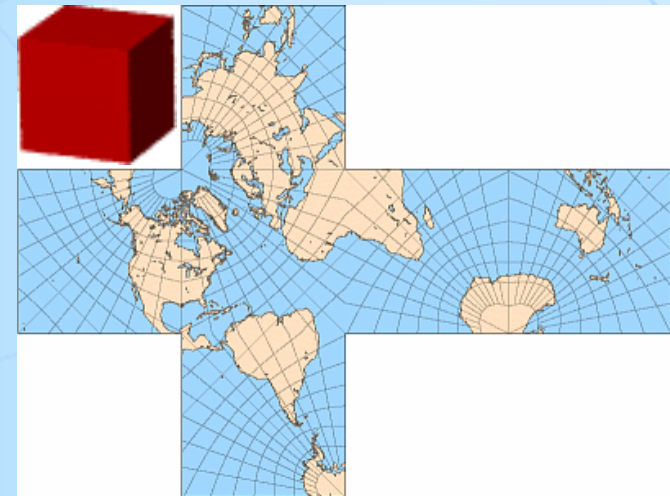
Algumas possibilidades de projeção poliédrica. Para conhecer outras, recomenda-se consulta à fonte citada.



Icosaedro regular (20 triângulos)



Rombicuboctaedro (18 quadrados, 8 triângulos)



Cubo (6 quadrados)

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Transportes – PTR
Laboratório de Topografia e Geodesia – LTG
PTR 3111 – Geomática I

