



# INTRODUÇÃO À CARTOGRAFIA

## CONCEITOS E APLICAÇÕES

# **Apresentação**

## **1. Introdução à Cartografia Básica**

**1.1. Princípios Básicos Fundamentais da Cartografia**

**1.2. Dimensões e formas da superfície terrestre**

**1.3. Classificação das Representações Terrestres**

**1.3.1 Geóide**

**1.3.2 Elipsóide**

## **2. Projeções cartográficas: fundamentos**

**2.1. Classificação das Projeções Cartográficas**

**2.1.1. Quanto a superfície de projeção**

**2.1.2. Quanto às propriedades**

**2.1.3. Quanto ao tipo de contato entre as superfícies de projeção de referência (Figura 5)**

**2.1.4. Outras Classificações**

## **3. Sistemas de Referências e Coordenadas**

**3.1. Sistema de Referenciamento (Datum)**

**3.2. Levantamentos Geodésicos**

**3.2.1. Levantamento Planimétrico**

**3.2.2. Levantamento Altimétrico**

**3.3. Sistema de Posicionamento por GPS**

**3.3.1. Componentes do Sistema**

**3.3.2. Características do sinal**

**3.3.3. Funcionamento do GPS**

**3.3.4. Fontes de erro**

**3.3.5. Soluções para os erros**

**3.3.6. Posicionamento GPS**

**3.3.7. Tipos de GPS**

**3.3.8. Aplicações do GPS**

**3.4. Sistema de Orientação**

**3.4.1: Orientação pelo Sol**

**3.4.2: Orientação pelas estrelas**

**3.4.3: Orientação pela bússola**

## **4. Representações Cartográficas**

### **4.1. Tipos de Representação**

**4.1.1. Globo**

**4.1.2. Mapa**

**4.1.3. Carta**

**4.1.4. Planta**

### **4.2. Escala**

**4.2.1. Escala Numérica**

**4.2.2. Escala Gráfica**

**4.2.3. Precisão Gráfica da Escala**

**4.2.4. Escolha da Escala**

**4.2.5. Conceitos Importantes**

## **5. Tecnologias Aplicadas a Cartografia**

**5.1. Sensoriamento Remoto**

**5.2. Geoprocessamento**

## **Referências Bibliográficas**

## **Contato**

# Apresentação

O presente documento resulta da iniciativa da Secretaria de Patrimônio da União – SPU, entidade vinculada ao Ministério de Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, em desenvolver o Manual de “*Introdução à Cartografia: Conceitos e Aplicações*” com objetivo de fornecer informações e dados básicos para o entendimento, aplicação e interpretação das informações das bases cartográficas existentes e a serem desenvolvidas.

Este Manual está organizado em cinco capítulos:

- O capítulo 1, correspondente à cartografia básica, em que se descrevem os princípios básicos fundamentais da cartografia, dimensões e formas da superfície terrestre e classificação das representações terrestres.
- O capítulo 2, relativo à projeções cartográficas, dando ênfase a fundamentação quanto a classificação das projeções cartográficas, conceituando quanto a superfície de projeção e suas propriedades.

- O capítulo 3, correspondente ao sistema de referência e de coordenadas, incluindo os aspectos sistema de referenciamento (datum), sistema de posicionamento por gps, sistema de orientação.
- O capítulo 4, relativo à representações cartográficas, em que se abordam os Tipos de Representação e as Escalas.
- O capítulo 5, correspondente as tecnologias aplicadas a cartografia, desenvolvendo os temas sobre sensoriamento remoto e o geoprocessamento.

Espera-se que o conteúdo deste documento seja de utilidade no sentido de um melhor desempenho e aplicabilidade do mesmo, bem como no conhecimento e identificação do patrimônio da União de forma integrada e humanizada.

# 1. Introdução à cartografia básica

A cartografia compõe o grupo de ciências mais antigas estudadas pelo homem. O homem primitivo já explorava e registrava o espaço com o objetivo de estabelecer os locais mais importantes para a sua sobrevivência, através de inscrições nas paredes das cavernas (TIMBÓ, 2001). Cartografia é a disciplina que trata da concepção, produção, disseminação e estudo de mapas (*International Cartographic Association*, 1996). Desse modo, a cartografia é considerada a ciência e a arte de representar o conhecimento da superfície terrestre através de mapas e cartas.

Essa ciência está intimamente ligada aos sistemas de informação gráfica, ciência da informação geográfica, fotogrametria e sensoriamento remoto. Por meio dessas áreas de conhecimento é feito o levantamento de informações. Assim sendo, a cartografia é uma ciência que busca exatidão nas formas de representar a superfície terrestre através dos conhecimentos de geodésia, matemática e astronomia. Essa ciência engloba as atividades posteriores ao levantamento e processamento de dados sobre a superfície terrestre, e tem como objetivo final a representação cartográfica dessas informações.

## 1.1 Princípios Básicos Fundamentais da Cartografia

Como já exposto, a cartografia é a ciência que cujo objetivo é a representação e utilização das informações geográficas. Essa área do conhecimento envolve coleta de dados, análises de composição e representação de observações, fatos, fenômenos e dados relacionando diversos campos científicos, associando-os a representações da superfície terrestre. Para tanto, são desenvolvidas diversos métodos, instrumentos e ferramentas tecnológicas para a produção de documentos cartográficos para diferentes finalidades com as mais diversas aplicações. Nesse sentido, é necessário que o profissional tenha domínio dos principais conceitos relacionados a cartografia:

**Mapa:** É uma representação bidimensional e em escala de uma dada região da superfície terrestre. Os mapas podem ser classificados de acordo com duas categorias: Os **mapas gerais**, tais como as cartas topográficas, em que o principal foco são a localização espacial e o **mapas temáticos**, que por sua vez, são a representação de uma dada região da superfície terrestre feita a partir de uma perspectiva ou tema, podendo variar entre indicadores naturais, sociais, antropológicos, entre outros.

**Plantas:** São a representação cartográfica de uma dada região geográfica feita em uma escala ampliada. Em outras palavras, é a ampliação de uma área pequena e um maior nível de detalhamento. Suas principais aplicações são na representação de residências, bairros, empreendimentos, parques, entre outros.

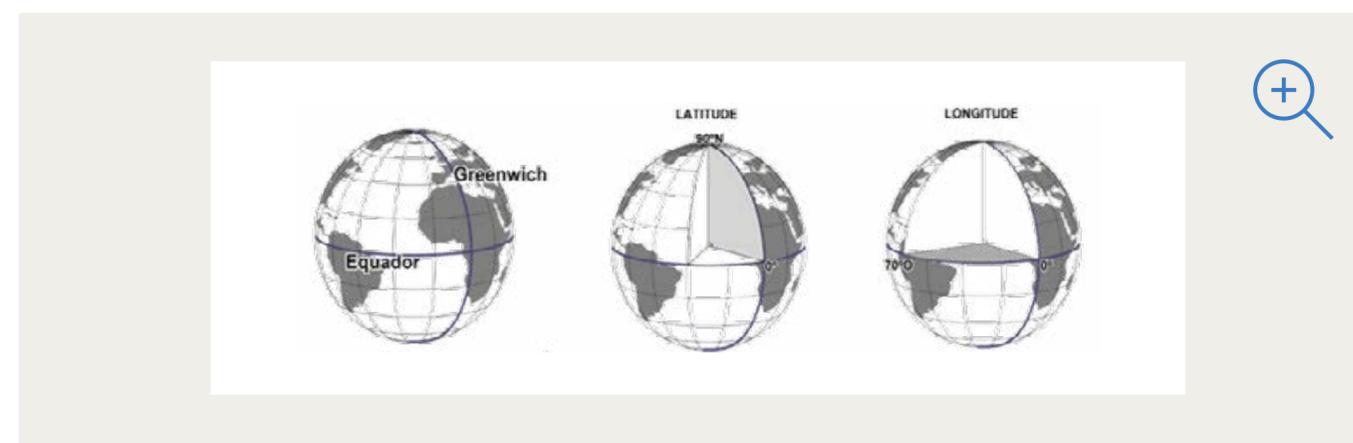
**Croqui:** É um esboço cartográfico de uma determinada área feito sem as técnicas necessárias para a elaboração de uma planta ou mapa. Em geral, os croquis são uma etapa anterior a elaboração das plantas e mapas, servindo como um meio de obtenção de informações gerais da área de interesse.

**Escala:** É a razão entre as dimensões de uma superfície geográfica representada no mapa e as dimensões da mesma superfície no terreno. A escala pode ser numérica ou gráfica (escala em barras);

**Legenda:** É a utilização de símbolos nos elementos cartográficos a fim de definir representações. Alguns símbolos cartográficos e suas legendas são normatizados em todos os mapas e cartas, tais como o azul utilizado para representar a água e a cor verde, que normalmente é utilizada para indicar vegetação, entre outros exemplos;

**Orientação:** É a determinação dos pontos de referência da superfície terrestre. De um modo geral são utilizados os pontos para representar a direção da área de um mapa. Os instrumentos mais utilizados para a determinação da orientação cartográfica são a Rosa dos Ventos, a Bússola e o aparelho de GPS;

- **Latitude ( $\phi$ ):** É a distância em graus, entre qualquer ponto da superfície terrestre e a Linha do Equador (Figura 1). Mede-se entre  $0^\circ$  e  $90^\circ$  para o Norte (N) e  $0^\circ$  e  $90^\circ$  para o Sul (S). A latitude quando medida no sentido norte, pode ser chamada de Latitude Norte ou Positiva. Quando a latitude é medida no sentido Sul é chamada Latitude Sul ou Negativa.
- **Longitude ( $\lambda$ ):** É a distância, medida em graus, entre qualquer ponto da superfície terrestre e o Meridiano de Greenwich (Figura 1). Essa linha imaginária é empregada para definir a separação dos hemisférios leste e oeste do globo terrestre. Quando a longitude é medida no sentido Oeste é denominada Longitude Oeste de Greenwich (W Gr.) ou Negativa. Quando é medida no sentido Leste é denominada Longitude Leste de Greenwich (E Gr.) ou positiva. A variação da longitude é de
  - $0^\circ$  à  $180^\circ$  W Gr., ou  $0^\circ$  à  $-180^\circ$ ; e de
  - $0^\circ$  à  $180^\circ$  E Gr., ou  $0^\circ$  à  $+180^\circ$ .

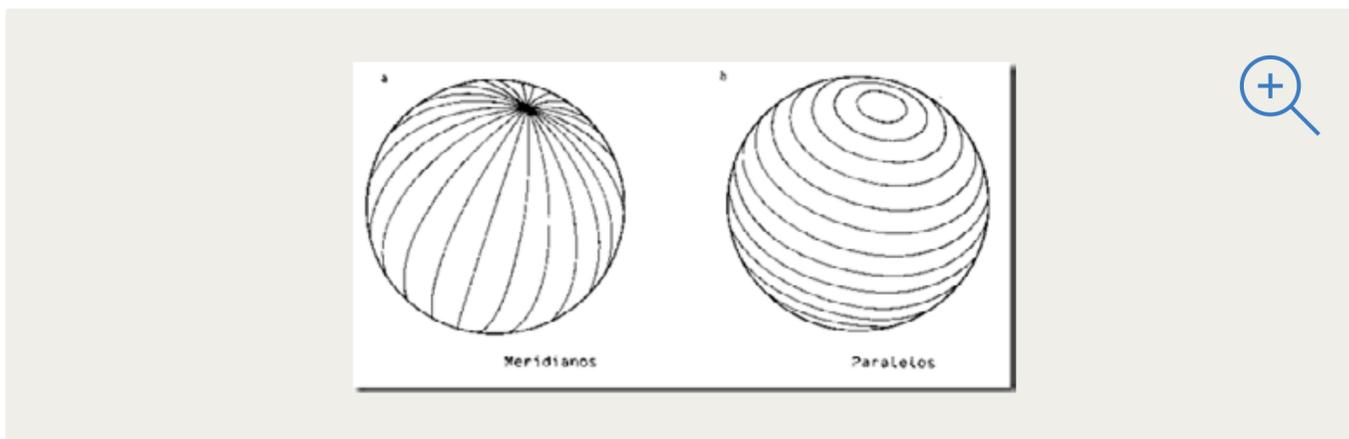


**Figura 1** - Latitude e Longitude da Terra

Fonte: Cartografia UFSM

## 1. Introdução à cartografia básica > 1.1. Princípios Básico Fundamentais da Cartografia

- Meridianos: São linhas imaginárias traçadas verticalmente sobre o planeta ou paralelas ao eixo de rotação terrestre (Figura 2). Esses meridianos cortam o globo terrestre em duas partes iguais de polo a polo, o meridiano principal é o de Greenwich, estabelecido a partir de uma convenção internacional. Todo meridiano da Terra possui um valor específico de longitude, que pode variar entre  $0^\circ$  e  $180^\circ$  para o leste ou para o oeste;
- Paralelos: São linhas imaginárias traçadas horizontalmente sobre o planeta ou perpendiculares ao eixo de rotação terrestre (Figura 2). Esses paralelos cruzam os meridianos perpendicularmente. Os principais paralelos são a Linha do Equador, os Trópicos de Câncer e Capricórnio e os Círculos Polares Árticos e Antártico. Todo paralelo da Terra possui um valor específico de latitude, que pode variar de  $0^\circ$  a  $90^\circ$  para o sul ou para o norte;



**Figura 2** - Meridianos e Paralelos

Fonte: Mundo Educação

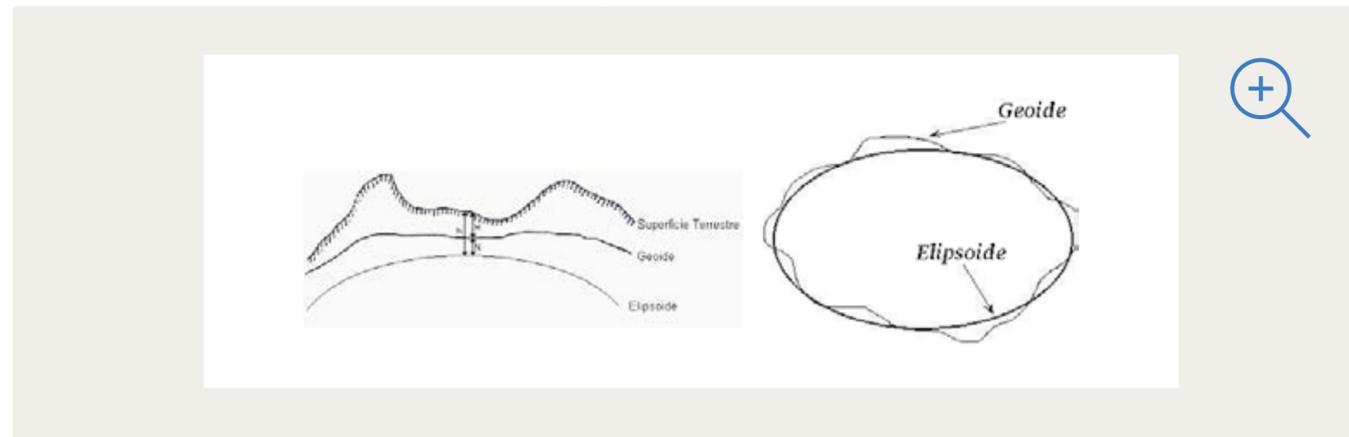
- Coordenadas Geográficas: É a junção dos sistemas de paralelos e meridianos, baseados nas latitudes e longitudes, a fim de localizar todo e qualquer ponto da superfície terrestre;
- Curvas de Nível: São linhas curvilíneas imaginárias utilizadas para indicar os pontos sob uma mesma altitude, são feitas por números que representam as altitudes em metros, de acordo com o SI;
- Projeções Cartográficas: São as formas de representação da superfície terrestre. O profissional deve utilizar as projeções cartográficas que melhor se adequem o real e a representação cartográfica com base no tipo de mapa a ser produzido;
- Altimetria: É a distância vertical medida entre um ponto e um datum (referência). De um modo geral utiliza-se o nível médio do mar. Esse é um sistema de medição e representação das altitudes de um determinado ambiente e suas formas de relevo;
- Aerofotogrametria: É o registro de imagens a partir de fotografias aéreas, sendo muito utilizado para a produção de mapas e cartas;

## 1.2 Dimensões e formas da superfície terrestre

O planeta Terra e seu formato são temas de estudos e pesquisa por anos, em todo o mundo. Já surgiram muitas interpretações e conceitos acerca do formato do planeta. A superfície terrestre está em constante mudança devido as ações antrópicas, e da natureza, por meio de movimentos tectônicos, ações erosivas, força gravitacional, mudanças climáticas, entre outras.

A fim de facilitar os cálculos matemáticos relativos a superfície terrestre adotou-se para descrever o planeta Terra a representação de um sólido, curvo em formato esférico, o elipsóide (Figura 3). No entanto, o desenvolvimento ocorrido no campo da geodésia mostra que o modelo mais adequado de representação topográfica do planeta Terra é o geóide (IBGE, 1998), conforme Figura 1.

## 1.3 Classificação das representações terrestres



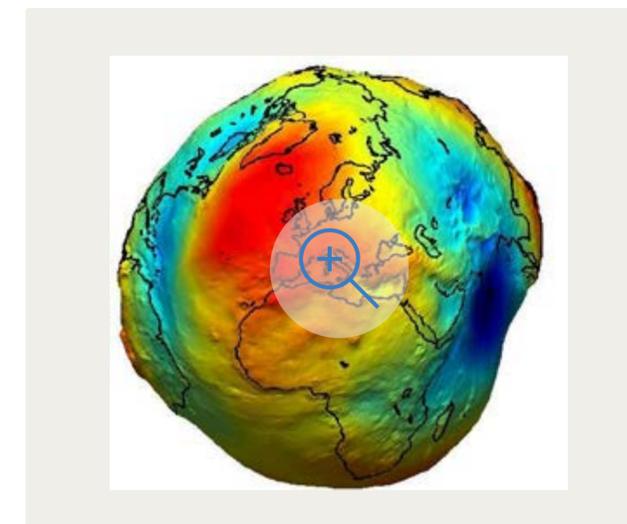
**Figura 3** - Modelos de representação terrestre: Geóide e Elipsóide

Fonte: DGTerritório

### 1.3.1 Geóide

O geóide é a forma que a Terra assumiria caso fosse completamente coberta por água. A representação do geóide terrestre está relacionada aos referenciais altimétricos e planimétricos (Figura 4). Todas as medições realizadas na superfície terrestre, relacionadas a confecção de mapas e cartas são feitas levando-se em consideração a forma de geóide da Terra.

No caso brasileiro adota-se o Sistema Geodésico Sul Americano (SAD 69) e o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS). Esses são sistemas referência compatíveis com as técnicas de posicionamento global, tais como o GPS.



**Figura 4** - Representação de geóide terrestre

Fonte: Geografia Escolar

### 1.3.2 Elipsóide

O elipsóide foi o modelo escolhido para definir matematicamente o planeta Terra. Essa figura geométrica ao girar em torno do seu eixo menor forma um volume, o elipsóide de revolução, que é a figura que mais se aproxima matematicamente da superfície real da Terra.

O sistema geodésico é definido pela forma e tamanho do elipsóide, que tem sua posição variando em função do geóide. Para tanto, o melhor ajuste das coordenadas geodésicas ajusta-se esse elipsóide através do datum horizontal e vertical. O Sistema Geodésico Sul Americano (SAD 69), como características:

Elipsóide de referência - UGGI 67 (Recomendado pela União Geodésica e Geofísica Internacional em 1967) definido por:

- semi-eixo maior - a: 6.378.160 m
- achatamento - f: 1/298,25

Origem das coordenadas (ou Datum planimétrico):

- estação: Vértice Chuá (MG)
- altura geoidal: 0 m
- coordenadas: Latitude: 19° 45' 41,6527" S Longitude: 48° 06' 04,0639" W
- Azimute geodésico para o Vértice Uberaba : 271° 30' 04,05"

O Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) é constituído por cerca de 70.000 estações implantadas pelo IBGE em todo o Território Brasileiro, divididas em três redes:

- Planimétrica: latitude e longitude de alta precisão;
- Altimétrica: altitudes de alta precisão;
- Gravimétrica: valores precisos de aceleração da gravidade

O cálculo do achatamento do elipsóide pode ser feito por meio da equação:

Em que:

- a: Semi-eixo maior
- b: Semi-eixo menor

Através do avanço dos sistemas geodésicos novos valores são sugeridos a fim de definir uma melhor representação da Terra. Cada parte do planeta Terra possui suas particularidades físicas. Por esse motivo, de um modo geral, cada país adotou um modelo de elipsóide como referência. Alguns dos elipsóides representativos da forma da Terra, relacionado por pesquisadores estão relacionados na Tabela 1:

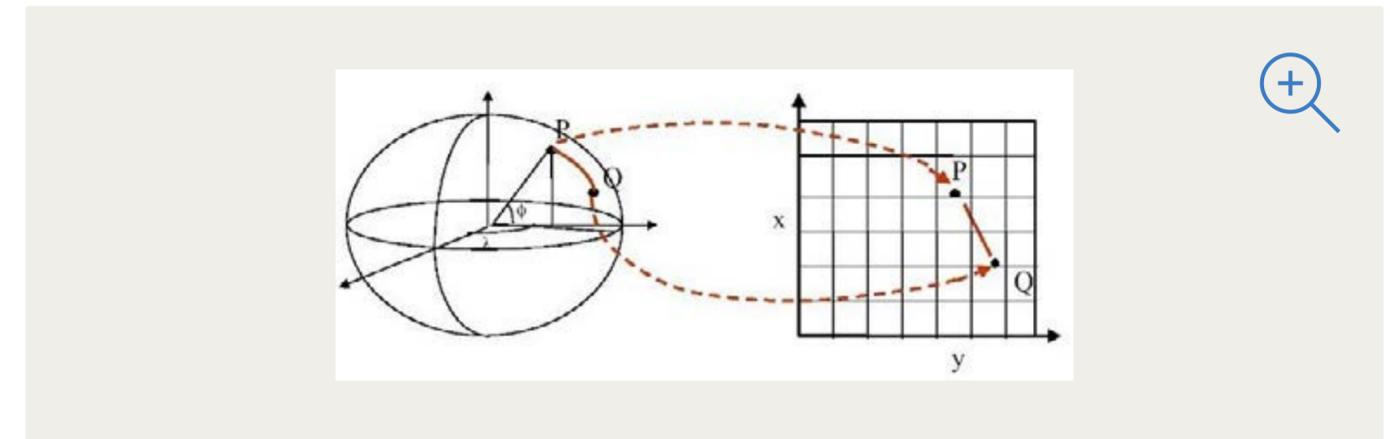
Tabela 1 - Elipsóides disponíveis na literatura

| Elipsóide                    | Datum               | a (m)     | b (m)     | País que adota  |
|------------------------------|---------------------|-----------|-----------|-----------------|
| Bessel (1841)                | Bukit Rimpah        | 6.377.484 | 6.356.165 | Alemanha        |
| Clarke (1866)                | American Samoa 1962 | 6.378.206 | 6.356.584 | EUA             |
| Krassovsky (1940)            | Afgooye             | 6.378.245 | 6.356.863 | URSS            |
| Hayford (Internacional 1924) | Córrego Alegre      | 6.378.388 | 6.356.912 | Brasil (antigo) |
| UGGI-67                      | South American 1969 | 6.378.160 | 6.356.775 | Brasil (atual)  |
| UGGI-79                      | WGS-84              | 6.378.137 | 6.356.752 | Globo           |

## 2. Projeções cartográficas: fundamentos

A cartografia é uma ciência aplicável a diversas atividades humanas. Para o estudo das projeções cartográficas é necessário levar em consideração que essa é uma ferramenta que busca representar o globo terrestre, que é uma superfície esférica, em um mapa bidimensional. Portanto, pode-se entender uma projeção cartográfica como sendo uma relação matemática e proporcional, entre a superfície de referência e uma superfície de projeção plana.

Como discutido anteriormente, um dos grandes problemas enfrentados pela boa representação cartográfica da superfície terrestre diz respeito à forma da Terra. Com o objetivo de solucionar questões relativas ao formato do planeta foram feitas adaptações, a fim de aproximar a realidade da superfície terrestre com uma forma plana geometricamente possível e de fácil manuseio: o mapa. Dessa forma, deve-se levar em consideração, também, que nesse processo de transformação de uma superfície tridimensional e esférica em uma superfície plana há distorções, e que o resultado será diferente do original (Figura 5).



**Figura 5** - Projeções cartográficas

Fonte: Cartografia Básica UFRRJ

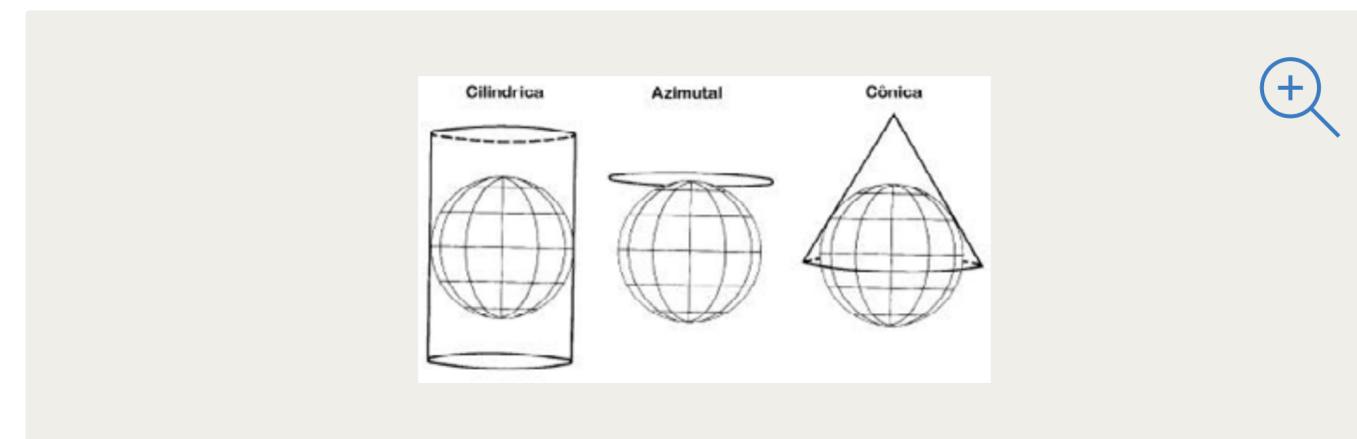
Para tanto, as projeções cartográficas podem ser definidas como um conjunto de técnicas utilizadas para representar a superfície terrestre em um mapa. Quando a superfície terrestre é transformada em projeções cartográficas, essa assume as características do modelo adotado, exibindo deformações em uns pontos e mantendo outros pontos fieis ao original. Por esse motivo, o cartógrafo deve ter pleno conhecimento de todos os modelos de projeções cartográficas, a fim de amenizar as distorções e escolher o melhor modelo que represente a superfície desejada. De um modo geral, um mapa nunca será, em sua totalidade, a representação fiel da superfície terrestre.

## 2.1 Classificação das projeções cartográficas

As projeções cartográficas são classificadas de acordo com diferentes metodologias, que visam o melhor ajuste da superfície a ser representada. As projeções podem ser classificadas quanto:

### 2.1.1 Quanto a superfície de projeção

- Plana ou Azimutal: Quando a superfície de projeção um plano, a representação é feita traçando-se um plano tangente ou secante a um ponto da superfície terrestre (Figura 6);
- Cônica: Quando a superfície de Projeção é um cone, a representação é feita imaginando-se um cone envolvendo a superfície terrestre que é em seguida desenrolado (Figura 6);
- Cilíndrica: Quando a superfície de projeção é um cilindro, a representação é feita imaginando-se um cilindro envolvendo a superfície terrestre que é em seguida desenrolado (Figura 6);
- Poli-Superficiais: Essa projeção cartográfica se dá pelo emprego de mais uma superfície de projeção(do mesmo tipo), com o objetivo de aumentar o contato com a superfície de referência a fim de reduzir as deformações.



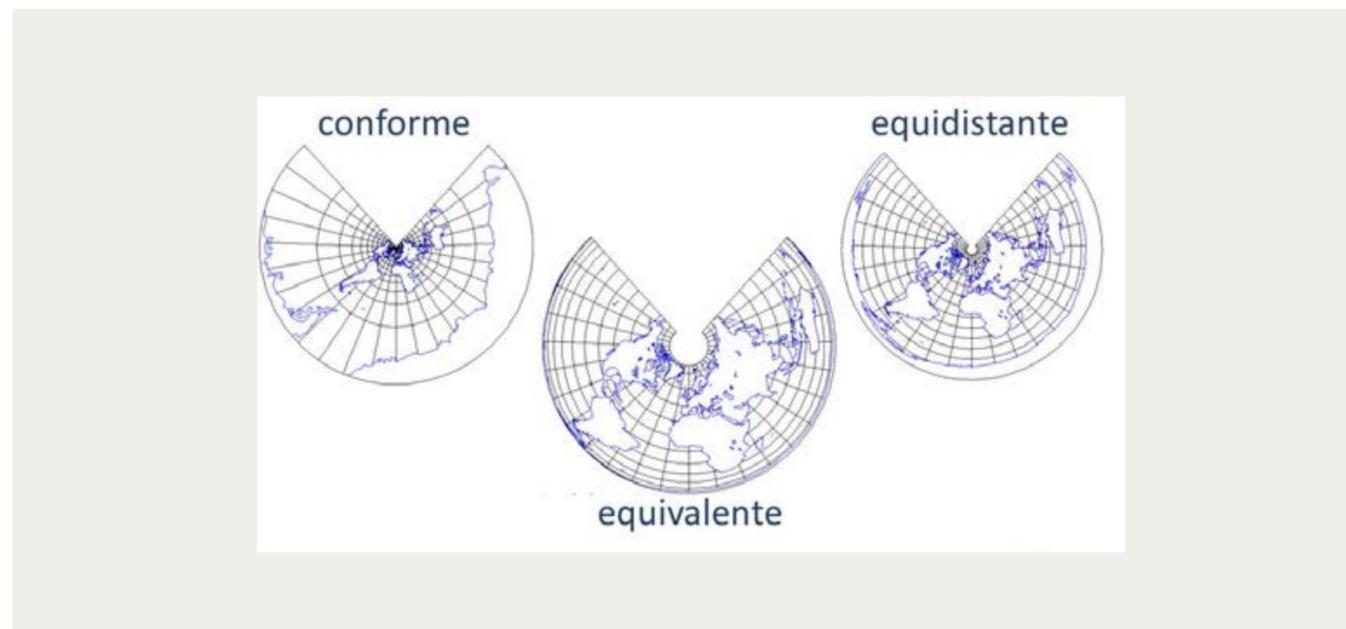
**Figura 6** - Classificação das projeções quanto ao tipo de superfície adotada

Fonte: Mundo Educação

### 2.1.2 Quanto às propriedades

- Projeções Conformes: Essas projeções mantêm a forma fiel ao máximo das áreas representadas, deformando o mínimo possível os ângulos existentes no mapa, de forma que os paralelos e meridianos se cruzam e formam ângulos retos. Para manter a equidistância das formas, as áreas são alteradas (Figura 7);
- Projeções Equivalentes ou Isométricas: Essas projeções mantêm constantes as dimensões das áreas representadas, sem as deformar. Devido a suas deformações, não são indicadas para o uso da cartografia de base, sendo muito utilizadas nas representações temáticas (Figura 7);

- Projeções Equidistantes: Essas projeções possuem constância entre as distâncias representadas, não possuindo deformações lineares. No entanto, essa condição só é conseguida em determinada direção (Figura 7);
- Projeções Afiláticas: É uma projeção diferente das descritas como projeções conformes, equivalentes e eqüidistantes. Essa projeção não preserva os ângulos e comprimentos da superfície terrestre.

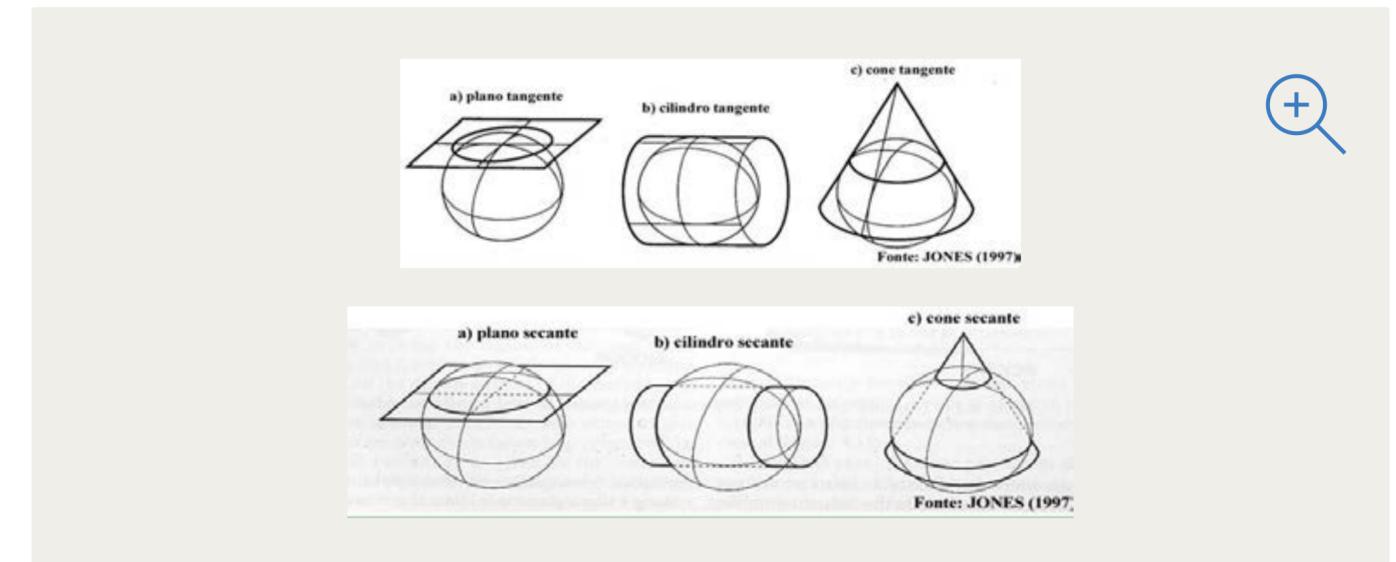


**Figura 7** - Classificação das projeções quanto as propriedades

Fonte: CAsD

### 2.1.3 Quanto ao tipo de contato entre as superfícies de projeção de referência (figura 5)

- Tangente: Nessa representação a superfície de projeção tangencia o elipsóide em um ponto (Projeção Plana) ou em uma linha (Projeção Cilíndrica ou Cônica) (Figura 8).
- Secante: Nessa representação a superfície de projeção corta o elipsóide em dois pontos (Projeção Plana) ou em duas linhas de secância (Projeção Cilíndrica ou Cônica) (Figura 8).

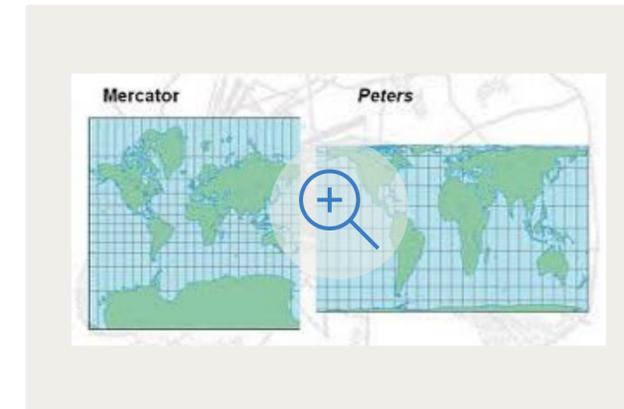


**Figura 8** - Classificação das projeções quanto a superfície de projeção de referência

Fonte: csr.ufmg.br

### 2.1.4 Outras Classificações

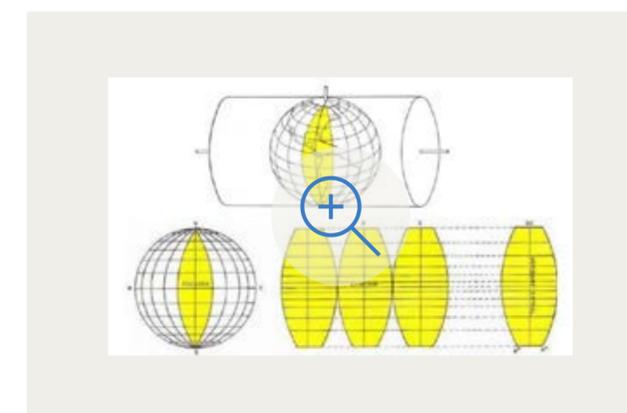
- **Projeção de Mercator:** Também conhecida como Projeção Conforme e Projeção Cilíndrica de Mercator. Essa projeção foi elaborada pelo geógrafo, cartógrafo e matemático Gerhard Mercator (1512-1594), essa foi a primeira representação cartográfica de toda a superfície terrestre. Nessa projeção, os meridianos são planejados na forma de linhas retas paralelas verticais e horizontalmente equidistantes. Já os paralelos são planejados na forma de linhas retas paralelas horizontais, quanto menor a distância dos paralelos em relação a Linha do Equador, menor é a distância vertical entre os paralelos seguidos. Dessa forma, as áreas situadas próximas a zona intertropical são melhores representadas em relação as zonas temperadas e polares. Um exemplo é a representação da Groelândia, que no Mapa Mundi parece ter uma área equivalente a área do Brasil, no entanto é cerca de quatro vezes menor (Figura 9);
- **Projeção de Peters:** Também conhecida como cilíndrica e equivalente. Essa é uma projeção oposta a projeção de Mercator. Nela as retas perpendiculares aos paralelos e as linhas meridianas possuem intervalos menores. O resultado é uma reprodução fiel das áreas dos continentes e uma maior deformação do formato deles. Essa projeção se baseia na proporção e não na forma (Figura 9);



**Figura 9** - Representação e diferença das projeções de Mercator e Peters

Fonte: Brasil Escola

- **Projeção de Lambert:** Essa projeção também é chamada de projeção conforme, em que o contato de duas linhas com a superfície resulta em uma maior área e menor nível de deformação.
- **Projeção UTM:** É uma projeção analítica com o objetivo de minimizar as deformações de um mapa, representando-os em um sistema ortogonal. É um sistema universal utilizado para a representação da Terra. É uma projeção conforme, cilíndrica e transversa (Figura 10).



**Figura 10** - Sistema de projeção UTM

Fonte: geografafalando.com

# 3. Sistema de referência e de coordenadas

Na cartografia, o levantamento de dados é parte essencial do processo de descrição da superfície terrestre. Levantamento cartográfico é o conjunto de operações a fim de medir as formas e dimensões do planeta. Para prosseguir com o levantamento cartográfico são necessários um conjunto de parâmetros, que são chamados *Datum Geodésico*.

## 3.1 Sistema de Referenciamento (Datum)

- Datum: As condições iniciais para o estabelecimento de um sistema geodésico são definidos a partir dos pontos e valores de coordenadas, denominados Datum. Portanto, um sistema geodésico pode ser definido como um conjunto de marcos geodésicos e suas coordenadas. O ponto de referência geodésico inicial é denominado Datum Planimétrico.
- Datum Planimétrico: É a representação dos levantamentos horizontais, base para todos os levantamentos cartográficos sobre uma determinada área. O ideal seria se a localização desse ponto coincidissem com o ponto do geóide e elipsóide ( $h=0$ ).

Em junho de 1984, através do Decreto Presidencial No 89.317, as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional, estabeleceu o Datum “South American Datum - 1969”, SAD-69 como sendo o datum oficial

e local a ser utilizado em toda representação cartográfica em Território Nacional. Nele, os parâmetros utilizados são:

- ponto no terreno (ponto de contato): Vértice de Chuá (MG);
- A altura geoidal:  $h=0$ ;
- elipsóide de referência: Elipsóide Internacional de Referência de 1967;
- As coordenadas do ponto: Latitude  $19^{\circ} 45' 41,6527''$  S e Longitude  $48^{\circ} 06' 04,0639''$  W.

As referências das coordenadas relacionadas a esse datum, SAD-69, podem ser cartesianas ou planas. A seguir apresenta-se a Tabela 2 com os parâmetros de conversão entre as coordenadas do Datum WGS-84, para os Datum SAD-69 e Córrego Alegre, utilizados no Brasil.

Tabela 2 - Parâmetros de Conversão entre as coordenadas cartográficas

| Elipsóide | Datum          | Ox   | Oy  | Oz  |
|-----------|----------------|------|-----|-----|
| Hayford   | Córrego Alegre | -206 | 172 | -6  |
| UGGI-69   | SAD-69         | -60  | -2  | -41 |

A transformação de um datum para outro, pode ser realizada através de rotinas computacionais que estão incluídas, atualmente, na maioria dos sistemas computacionais em uso.

O Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) é constituído por cerca de 70.000 estações implantadas pelo IBGE em todo o Território Brasileiro, divididas em três redes:

- Planimétrica: latitude e longitude de alta precisão
- Altimétrica: altitudes de alta precisão
- Gravimétrica: valores precisos de aceleração gravimétrica

### 3.2 Levantamentos Geodésicos

A geodésia é a ciência que estuda a forma e tamanho da Terra, no aspecto geométrico, relacionando esses parâmetros aos fenômenos físico, tais como a gravidade e o campo gravitacional terrestres. Portanto, os levantamentos geodésicos são um conjunto de atividades de levantamento de dados a fim de realizar medições e observações para determinar a forma e dimensões do planeta Terra. Essa ciência é empregada como estrutura básica para os mapeamentos e trabalhos topográficos.

Os levantamentos geodésicos são classificados em três grupos:

- Levantamentos Geodésicos de Alta precisão:
  - Científico: Utilizado para programas internacionais de caráter científico e para os Sistemas Geodésicos Nacionais;
  - Fundamental (1ª Ordem): Utilizados para padronização e controle de trabalhos geodésicos e cartográficos. Foi desenvolvido a partir de especificações internacionais, a fim de constituir um único sistema de referência.
- Levantamentos Geodésicos de Precisão (Âmbito Nacional):
  - Para áreas desenvolvidas (2ª Ordem): Esse levantamento se insere no nível de desenvolvimento sócio-econômico da região objeto. É um conjunto dos Sistemas Geodésicos Nacionais.
  - Para áreas menos desenvolvidas (3ª Ordem): Esse levantamento é utilizado em áreas remotas e de pouca importância sócio-econômica, ou seja, áreas que não justifiquem investimentos imediatos.
- Levantamentos Geodésicos para fins topográficos (Local):

Esse levantamento é feito em atendimento aos levantamentos no horizonte topográfico e possui características locais. O objetivo desse levantamento é o fornecimento de dados básicos às operações topográficas, para fins de mapeamento com base em fotogrametria. Por meio das coordenadas geodésicas altimétricas são feitos os controles horizontais e verticais desses levantamentos geodésicos.

### 3.2.1 Levantamento Planimétrico

#### 3.2.1.1 Triangulação

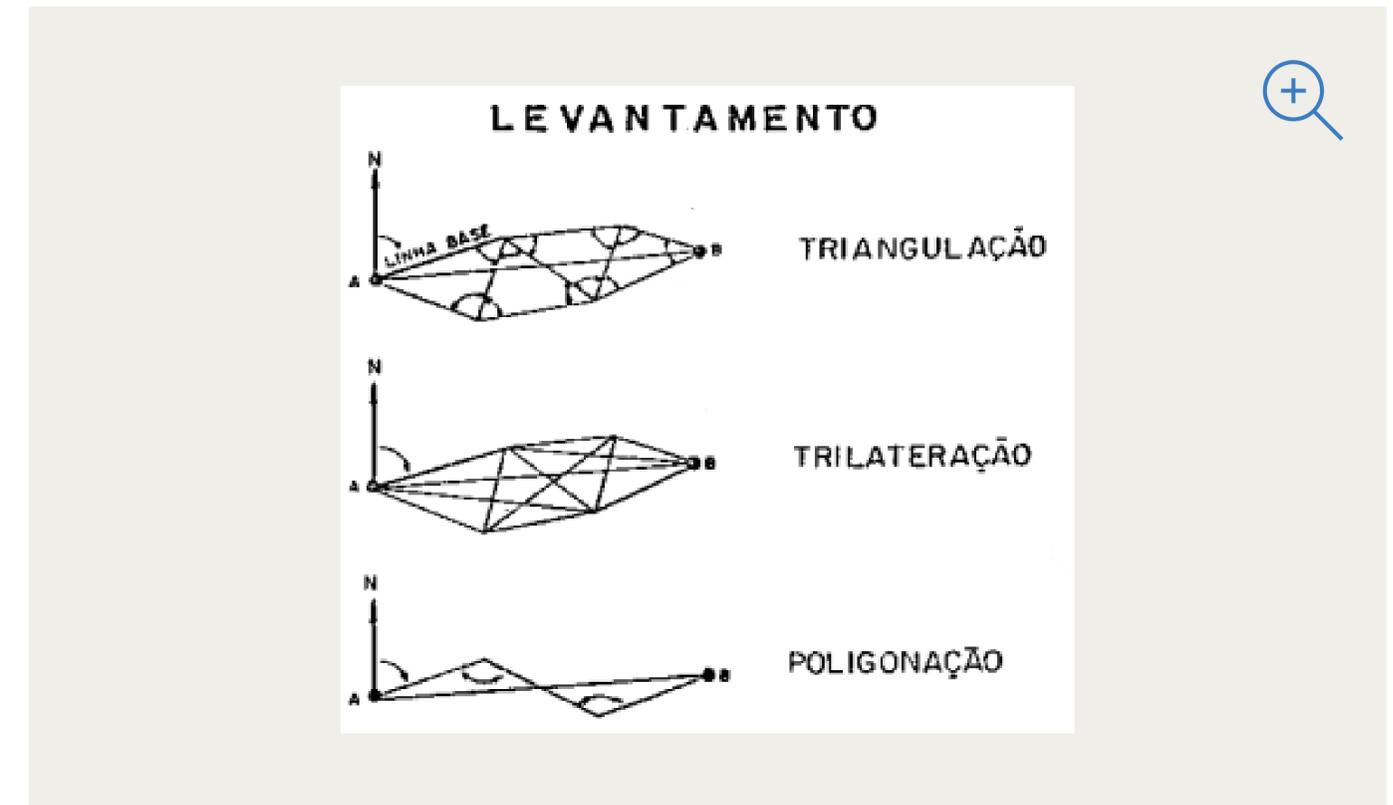
É a obtenção de figuras geométricas por meio de triângulos, medidos a partir dos ângulos submetidos por cada vértice (Figura 11).

#### 3.2.1.2 Trilateração

Esse método baseia-se nas características geométricas feitas por meio de triângulos sobrepostos. Esse método semelhante à triangulação, no entanto o seu levantamento é feito por meio da medição dos lados (Figura 11).

#### 3.2.1.3 Poligonação

Esse método se baseia no encadeamento das distâncias e ângulos formados entre pontos adjacentes, constituindo, dessa forma, linhas poligonais. Nesse método parte-se de uma linha formada por dois pontos conhecidos, determinando novos pontos até a formação de uma linha com pontos conhecidos (Figura 11).



**Figura 11** - Representações dos sistemas planimétricos

Fonte: IBGE

### 3.2.2 Levantamento Altimétrico

#### 3.2.2.1 Nivelamento Geométrico

Os pontos de altitudes determinadas a partir do método de nivelamento geométrico são denominados **referência de nível**. Esse método é utilizado em levantamentos altimétrico de alta precisão, que se desenvolvem ao longo de ferrovias e rodovias.

#### 3.2.2.2 Nivelamento Trigonométrico:

Esse método é baseado nas relações trigonométricas. Nele a precisão é menor que o geométrico, servindo como apoio altimétrico para trabalhos topográficos.

#### 3.2.2.3: Nivelamento Barométrico:

Esse método é baseado na relação inversamente proporcional entre a altitude e a pressão atmosférica. O nivelamento barométrico é de baixa precisão, sendo mais utilizado em regiões onde não é possível utilizar os outros dois métodos.

## 3.3 Sistema de Posicionamento por GPS

Os GPS (Global Positioning System) é um sistema de posicionamento muito utilizado na coleta de dados de campo, a fim de aumentar a precisão dos dados geodésicos e topográficos, determinando ângulos e distâncias para obtenção das coordenadas da superfície terrestre. De um modo geral, o GPS é baseado em um sistema de radio-navegação que usa satélites como orientação. Satélites esses desenvolvidos e controlados pelo departamento de defesa dos Estados Unidos da América (U.S. DoD) que permite a qualquer usuário saber a sua localização, velocidade e tempo, 24 horas por dia, sob quaisquer condições atmosféricas e em qualquer ponto do globo terrestre.

O sistema geodésico de referência do GPS é o *World Geodetic System* de 1984 (WGS-84). Dessa forma, os resultados dos posicionamentos realizados pelo GPS, para serem utilizados em áreas no Brasil, devem ser transformados para o sistema SAD-69. Deve-se atentar também que os dados de altitude fornecidos pelo GPS são baseados no sistema elipsoidal da Terra, sendo necessário o emprego do Mapa Geoidal do Brasil, produzido pelo IBGE, a fim de se obter altitudes referenciadas ao geóide (nível médio dos mares).

### 3.3.1 Componentes do Sistema

O sistema GPS pode ser dividido em três segmentos: espacial, de controle e do usuário.

#### 3.3.1.1 Segmento Espacial

O segmento espacial do GPS prevê a cobertura mundial. Esse segmento determina que em qualquer parte do globo, incluindo os pólos, existam pelo menos 4 satélites visíveis em relação ao horizonte, 24 horas por dia. Em determinadas regiões do planeta Terra é possível a obtenção de 8 ou mais satélites visíveis ao mesmo tempo.

Esses satélites emitem sinais que fornecem, de maneira precisa e constante, as efemérides para todos os pontos próximos da superfície terrestre. Dessa forma, o usuário pode utilizá-los para calcular posições, velocidade e tempo. As efemérides são compostas por 16 constantes físicas, 4 coeficientes polinomiais que são captados pelos receptores.

Este segmento é composto por uma constelação de 21 satélites (mais 3 de reserva) que se movimentam em órbitas elípticas (semi-eixo maior igual a 26.600 Km) no período de 11 h 57'58,3" (tempo sideral), a uma altitude média de 20.200, com órbita de inclinação de 55° em relação ao Equador.

Cada satélite tem vida útil esperada de aproximadamente 6 anos, no entanto, existem satélites em órbita com mais de 10 anos e ainda em perfeito funcionamento.

A chave da precisão do sistema GPS é o fato dos componentes dos sinais serem controlados pelos relógios atômicos. A frequência fundamental (Banda L) de 10,23 MHz é produzida por um sistema de alta precisão.

#### 3.3.1.2 Segmento de Controle Terrestre

O segmento de controle terrestre é um sistema de controle operacional, que consiste em uma estação de controle mestra, estações de monitoramento mundial e estações de controle de campo.

- Estação mestra - localizada na base FALCON da USAF em Colorado Springs - Colorado. Esta estação monitora os satélites que passam pelos EUA, reúne os dados das estações de monitoramento e de campo, processando-os e gerando os dados que efetivamente serão transmitidos aos satélites.
- Estação de monitoramento – Essas estações verificam continuamente todos os satélites da constelação dos GPS, calculando suas posições a cada 1,5 segundos. Através dos dados meteorológicos, é feito o modelamento dos erros de refração e são calculadas suas correções, transmitidas aos satélites e através destes, para os receptores de todo o mundo. Além da mestra, existem outras quatro estações: Hawaii, Ilha de Assención (Atlântico Sul), Diego Garcia (Oceano Índico) e Kwajalein (no Pacífico).
- Estações de Campo - Essas estações são formadas por um conjunto de antenas de rastreamento dos satélites NAVSTAR, cujo objetivo é ajustar os tempos de passagem dos satélites, sincronizando-os com o tempo da estação mestra.

### 3.3.1.3 Segmento dos Usuários

Esse segmento está associado às aplicações do sistema, por parte da população. Refere-se a todas as atividades desenvolvidas pela comunidade usuária, os diversos tipos de receptores e os métodos de posicionamento por eles utilizados. Este segmento é composto pelos receptores localizados na superfície terrestre, no ar, a bordo de navios e de alguns satélites, de um modo geral. Seu funcionamento se dá pelas antenas, que captam os sinais de quatro ou mais satélites simultaneamente, processam os dados determinando a posição, velocidade e tempo entre os pontos observados.

### 3.3.2 Características do sinal

Os satélites transmitem constantemente duas ondas portadoras, a L1 e L2, essas ondas estão na banda L (usada para rádio). Essas portadoras são moduladas com uma mensagem de navegação contendo dados necessários à determinação da posição do satélite:

- A onda portadora L1 (Link one) é transmitida a 1575.42 MHz e contém dois códigos modulados. O código de aquisição livre (C/A) – Coarse/Acquisition, modulado a 1.023MHz e o código (P) – Precise/Protected, modulado a 10.23MHz.
- A onda portadora L2 (Link two) é transmitida a 1227.60 MHz e contém apenas o código P.

Para a determinação dessa posição, o Departamento de Defesa dos E.U.A. disponibiliza dois tipos de serviços de posicionamento:

- O Serviço de posicionamento padrão (SPS-Standard Positioning Service): Esse serviço opera apenas em L1 e é utilizado no alcance inicial dos sinais do satélite, por meio do código C/A. O SPS está disponível para todos os usuários. Antigamente, quando estava afetado por alguma interferência, permitia aos usuários obter precisões na ordem dos 100 metros. Atualmente disponibiliza uma precisão na ordem dos 20 metros.
- O Serviço de posicionamento preciso (PPS-Precise Positioning Service): Esse serviço opera em L1 e L2 através do código P(Y), permite obter precisões de cerca de 22m e 27.7m para o posicionamento horizontal e vertical respectivamente (95%) e 100 ns na transferência de tempo para UTC(95%). O PPS está disponível apenas para usuários autorizados pelo governo dos E.U.A.

A proposta inicial dos EUA era disponibilizar dois serviços com precisões diferentes. Para tanto, o SPS foi idealizado para proporcionar navegação em tempo real com uma exatidão muito inferior ao proporcionado pelo PPS. No entanto, verificou-se que os receptores usando apenas o código C/A proporcionavam uma exatidão muito próxima dos que usavam o código P(Y). Como resultado o Departamento de Defesa implementou duas técnicas para limitar a precisão do sistema aos usuários autorizados:

- Acesso Selectivo (SA - Selective Availability) – Essa modalidade de acesso consiste na manipulação da mensagem de navegação. Dessa forma, a informação inerente ao relógio do satélite e às efemérides radio-difundidas são degradadas. O S.A. foi removido em 1 de maio de 2000.
- Anti-Sabotagem (AS - Anti-spoofing) – Em semelhança ao acesso SA, essa modalidade nega aos civis e potências hostis, o acesso ao código P(Y). Apenas os receptores militares conseguem decodificar essa informação.

### 3.3.3 Funcionamento do GPS

O GPS é baseado na determinação da distância entre um ponto, o receptor, e outros de referência, por meio dos satélites. Ao saber a distância que nos separa de 3 pontos, é possível determinar a posição do objeto em relação a esses mesmos 3 pontos. Essa relação é feita por meio da intersecção de 3 circunferências cujos raios são as distâncias medidas entre o receptor e os satélites. Para tanto, são necessários no mínimo 4 satélites para determinar a nossa posição corretamente.

Cada satélite transmite um sinal que é recebido pelo receptor, este por sua vez mede o tempo que o sinal demora a chegar até ele. Multiplicando o tempo medido pela velocidade do sinal (a velocidade da luz), obtemos a distância receptor-satélite, ( $\text{Distância} = \text{Velocidade} \times \text{Tempo}$ ). A distância pode ser determinada através dos códigos modulados na onda enviada pelo satélite (códigos C/A e P), ou pela integração da fase de batimento da onda portadora.

Como código P está intencionalmente reservado para os usuários autorizados pelo governo norte americano, (forças militares norte americanas e aliados) os usuários “civis” só podem determinar a distância através da sintonia do código C/A.

A determinação da distância é feita como descrito a seguir:

Um algoritmo pseudo-aleatório com precisão de 0,001 segundos gera o código C/A e usa o tempo dado por um relógio atômico de alta precisão que está posicionado no satélite, o receptor, por sua vez, gerar uma réplica desse código C/A por meio do seu relógio atômico de alta precisão. O código recebido é correlacionado com versões ligeiramente adiantadas ou atrasadas da réplica local e deste modo consegue medir o tempo que o sinal levou a chegar ao receptor. Numa situação ideal, os relógios do satélite e do receptor estariam perfeitamente sincronizados e a propagação do sinal a ser feita no vácuo, o tempo de voo seria perfeitamente determinado e a distância medida corretamente.

O outro método para determinar a distância entre um ponto e outro é por meio da medição do número de ciclos decorridos desde o instante em que a portadora foi emitida e o instante em que foi recebida e se medir a diferença de fase. O comprimento de onda da portadora é mais curto que o comprimento do código C/A. Dessa forma, a medição da fase de batimento da onda portadora permite atingir um nível de precisão muito superior à precisão obtida para a distância. No entanto põe-se um problema: o desconhecimento da ambiguidade de ciclo, ou seja, o número total de ciclos completos

decorridos desde que o sinal deixou o satélite até ao instante da sintonia. As formas de determinar uma ambiguidade de ciclo é por meio de cada par de receptor-satélite desde que não hajam saltos de ciclo (*cycle slips*), isto é, perda momentânea de sinal, neste caso uma nova ambiguidade é adicionada.

Portanto, conclui-se que o problema da dessincronização dos relógios dos satélites e dos receptores é pertinente. Porém os idealizadores do GPS arranjam uma forma de contornar esse problema: fazendo uma medição extra para outro satélite. Para a determinação correta da nossa posição tridimensional temos que resolver um sistema de 3 equações a 4 incógnitas (X,Y,Z e o tempo). Dessa forma, deve-se adicionar uma nova medição, ou seja, uma nova equação e o sistema será resolvido.

### 3.3.4 Fontes de erro

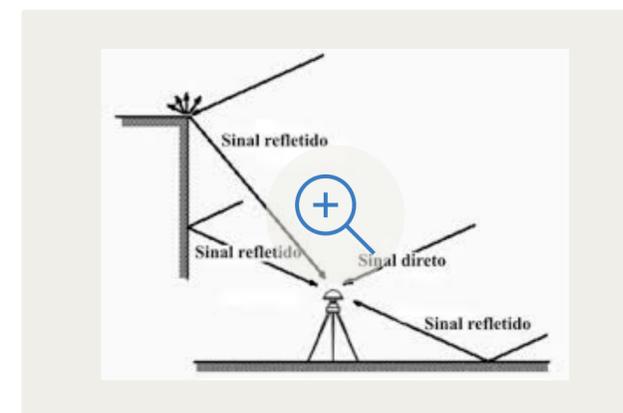
Os erros que afetam as informações obtidas pelo GPS podem ter várias consequências e origens:

#### 3.3.4.1 Erros dependentes dos satélites:

- Erros nos relógios atômicos de alta precisão dos satélites e receptores: Embora os satélites tenham relógios de alta precisão (cada satélite contém quatro relógios atômicos, dois de rubidium e dois de césio), deve-se atentar que eles não são perfeitos. Apenas um nano-segundo de erro, ou seja 0,000 000 001 s pode resultar em um erro de cerca de 30 cm na medição da distância para um satélite. Para que os relógios se mantenham o mais

precisos possível, a sua marcha necessita deve ser continuamente verificada pelas estações de controle.

- Erros nas efemérides: São decorrentes do insuficiente conhecimento a cerca do campo gravimétrico terrestre, da ação das forças gravitacionais da Lua e do Sol, do atrito remanescente da atmosfera terrestre bem e da pressão das radiações solares. Esses fatores provocam variações nas órbitas terrestres, por esse motivo é necessário que elas sejam constantemente monitoradas pelas estações de rastreio na Terra.
- Erros devido ao multi-caminhamento: Esse erro afeta as medições de tal precisão, cerca de 50 cm. Na medição da distância para cada satélite, é sabido que o sinal do satélite viaja diretamente desde o satélite até à antena do receptor. Mas, em adição ao sinal, existem sinais refletidos provocados por objetos que se encontram perto da antena e que interferem com o sinal verdadeiro, esses sinais são fontes do erro (Figura 12).



**Figura 12** - Ocorrência do erro devido ao multi-caminhamento

Fonte: Mundogeo.com

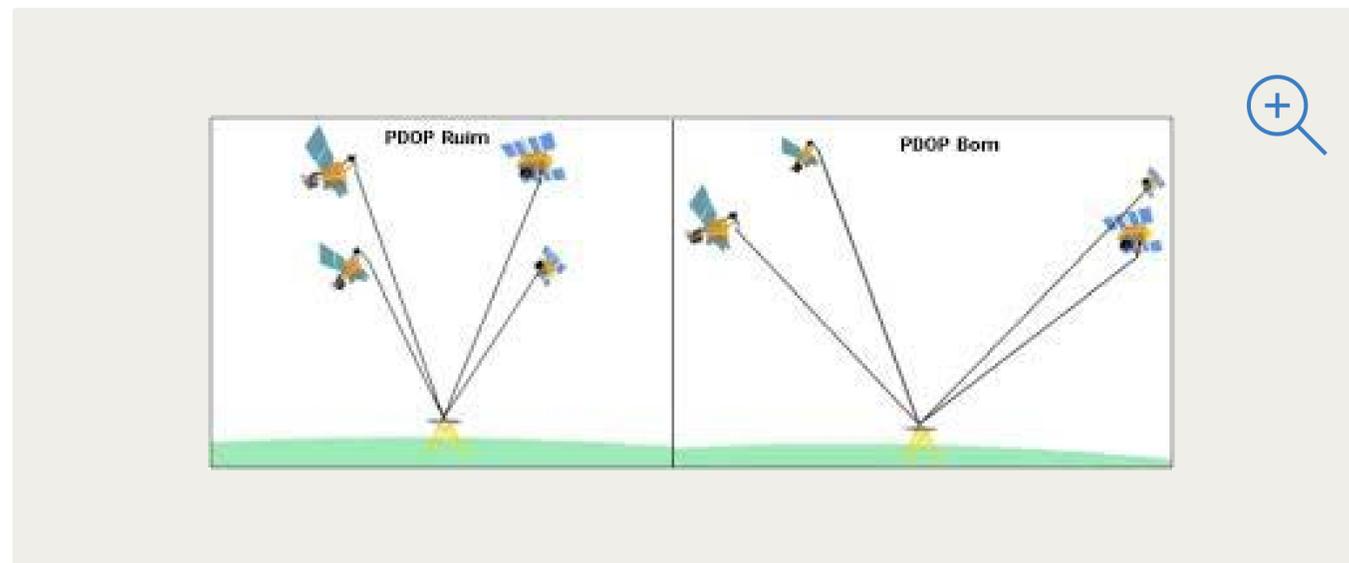
- Erros causados pela variação do centro de fase da antena: Estes erros estão associados a construção da antena, variando de acordo com as características da antena e o ângulo da direção do sinal observado. Estas variações podem atingir alguns centímetros.
- Ruído do Receptor: O receptor GPS não é perfeito e tem as suas limitações. Ele está limitado à sua própria precisão, ou seja, ao desvio padrão associado a cada medição.
- Erros associados ao meio de propagação:
  - *Atraso ionosférico* - Esse erro está relacionado as variações da velocidade da luz causadas pelas condições atmosféricas. Dessa forma, a camada mais alta da atmosfera, a ionosfera, contém partículas “carregadas” que atrasam o código e adiantam a fase, de acordo com as condições atmosféricas. A magnitude deste efeito é maior durante o dia do que durante a noite. Os atrasos ionosféricos não modelados podem afetar a precisão em até 10 metros.
  - *Atraso troposférico* - Esse erro também está relacionado as condições atmosféricas, nesse caso a relação de umidade. Ao passar pela camada mais baixa da atmosfera, a troposfera, o sinal também pode sofrer um atraso na fase e no código devido a umidade presente na atmosfera.

- Precisão do Posicionamento do GPS

A geometria e número de satélites usados para o levantamento de dados influenciam no do posicionamento GPS, que conseqüentemente influencia na precisão da medição da distância entre o receptor e o satélite. O termo utilizado para designar a precisão da medição GPS é UERE (*User Equivalent Range Error*). Ele representa o efeito da combinação dos erros das efemérides, com os erros de propagação, com os erros do relógio e os de ruído do receptor.

A configuração e geometria dos satélites gera um efeito, que é expresso pelo fator de degradação da precisão (*DOP - Dilution Of Precision*), que pode ser interpretado como sendo a razão entre a exatidão do posicionamento e a exatidão da medição. Se por exemplo, observarmos 4 satélites muito próximos, um metro na medição da distância pode resultar em centenas de metro de erro na posição calculada. Mas se observarmos uma grande quantidade de satélites e estes se encontrarem espalhados pelo céu, talvez o erro na posição seja inferior a 1,5 metros por cada metro de erro na medição de uma distância. Existem vários tipos de DOP, os mais comuns são:

- GDOP – degradação da precisão da posição tridimensional e tempo (geometria);
- PDOP – degradação da precisão da posição tridimensional (Figura 13);
- VDOP – degradação da precisão vertical;
- HDOP – degradação da precisão horizontal.



**Figura 13** - Exemplo de DOP: Representação de PDOP bom e ruim

Fonte: INDE.GOV

O efeito da posição geométrica dos satélites na precisão do posicionamento pode ser melhor percebida com o exemplo a seguir: “imagine um tetraedro formado por linhas que ligam o receptor a cada satélite usado. Quanto maior for o volume do tetraedro, menor (e melhor) será o GDOP. Um bom DOP terá valores menores que 5. Nunca deverá efetuar observações com DOPs superiores a 8. Geralmente quanto mais satélites observarmos, menor será o DOP”.

### 3.3.5 Soluções para os erros

Desde o início do uso do GPS, muitos métodos vêm sendo desenvolvidos a fim de reduzir erros e aumentar sua precisão. Todos esses métodos são baseados no posicionamento relativo. Para exemplificar, vamos supor que temos dois receptores localizados próximos um do outro. Os erros dos relógios dos satélites, das efemérides, dos atrasos ionosféricos e troposféricos afetam ambos os receptores em proporções idênticas. O princípio do posicionamento relativo é que esses erros se cancelam a medida que se trabalha com as diferenças. Se soubermos as coordenadas de um ponto A e se observarmos o vetor  $dx$ ,  $dy$ ,  $dz$  que liga os pontos A-B podemos determinar as coordenadas de B relativas a A.

Este método é utilizado para solucionar o problema dos erros do sistema de GPS. Ao trabalhar com posicionamentos relativos devemos utilizar técnicas que nos permitem modelar os erros. Essas técnicas só não podem ser utilizadas no multi - caminhamento e o ruído do receptor, por diferenças de observáveis e combinações lineares de observações. Este método permite alcançar grandes precisões sendo aplicado em trabalhos de Geodésica e Topografia.

### 3.3.6 Posicionamento GPS

Existem muitos métodos que envolvem mais de um receptor em observações simultâneas (métodos de posicionamento relativo). Na Tabela 3, a seguir, estão relacionados os posicionamentos relativos:

Tabela 3 - Tabela dos posicionamentos relativos

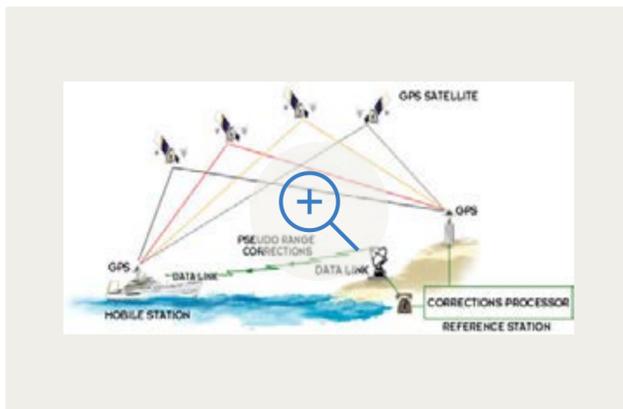
| Medição de | Cálculo em        | Designação   | Precisão                            |
|------------|-------------------|--|-------------------------------------|
| Código     | Pós-processamento | DGPS em Pós-processamento                          | Desde <1 m até ~10m                 |
| Código     | Tempo Real        | DGPS   | Desde <1 m até ~10m                 |
| Fase       | Pós-Processamento | Estático, Rápido-Estático, Cinemático, Para-avança | Desde < 1 cm até alguns centímetros |
| Fase       | Tempo Real        | RTK  | Desde < 1 cm até alguns centímetros |

Ao longo do desenvolvimento do posicionamento relativo só com código foi nomeado como DGPS (*Differential GPS*), no entanto há autores que aplicam esta nomenclatura a posicionamentos com observação da fase, outros preferem designar o DGPS com fase por CPD (*Carrier Phase Differential*).

De um modo geral, o posicionamento relativo com fase em tempo real tem tratado por RTK (Real-Time Kinematic). Para aplicações que não são em tempo real pode-se utilizar o posicionamento Estático, Rápido-estático, Cinemático, Pseudo-cinemático ou Para-avança. Detalharemos a seguir cada um deles:

- DGPS: Utilizado quando se sabe a localização de um receptor. O valor da localização obtida pode ser comparado com os valores teóricos e deste modo ser calculadas as correções às medições as quais podem ser utilizadas para ajustar as medições dos outros receptores de pontos desconhecidos. O receptor na posição conhecida é chamado receptor base ou de referência, o receptor ou receptores que estão em posições desconhecidas são chamados “rover”. O receptor de referência calcula as medições para cada satélite, baseando-se na sua posição, que é conhecida, e na localização instantânea de cada satélite. Em seguida, os valores são comparados e calculados com as medições reais. A diferença entre os valores obtidos e calculados dá a correção para cada satélite, a qual vai ser transmitida ao outro receptor. O rover pode então calcular a sua posição com muito melhor precisão. O DGPS é baseado na medição da distância receptor-satélite através da observação do código. Se as correções forem transmitidas desde o receptor de referência para o(s) Rover(s) em tempo real (normalmente via rádio), então o sistema é geralmente designado por DGPS ou DGPS em tempo Real. Se não necessitamos trabalhar em tempo real as medições da base e do rover são gravadas e mais tarde transferidas para um computador para depois ser efetuado o cálculo. Esta técnica é denominada DGPS em pós-processamento.

Neste método de posicionamento baseados na observação do código os resultados são instantâneos, mas não são precisos (Figura 14).



**Figura 14** - Posicionamento DGPS

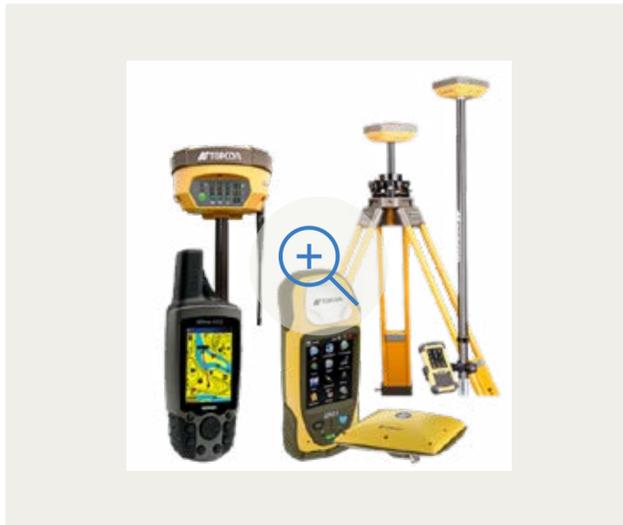
Fonte: Nota técnica: Posicionamento por satélites

- RTK (Real-Time Kinematic): É utilizado baseando-se na medição da distância receptor-satélite por meio da fase da onda portadora. A maior dificuldade desta técnica é o desconhecimento do número de ciclos completos realizados desde que o sinal deixou o satélite até o instante de sintonia (ambigüidade de ciclo). Dessa forma, deve-se então esperar alguns minutos até que o receptor consiga resolver a ambigüidade de ciclo de cada par receptor- satélite. Depois que o receptor corrigir as ambigüidades, a precisão de cada posição calculada deverá situar-se entre 0,5 a 2,0 cm na horizontal, e de 1,0 a 3,0 cm na vertical.
- Estático - É o método de posicionamento mais preciso, geralmente é utilizado para medição de bases longas, redes geodésicas, tectônica de placas, entre outros. Neste método os receptores permanecem fixos durante um determinado tempo (nunca menos de 1 hora para bases cujo comprimento seja da ordem dos 20 km).

- Rápido-Estático – Esse método é utilizado para estabelecer redes locais de controle. Corresponde a uma sessão estática de curta duração (de 5 a 20 minutos). É um método bastante preciso em bases de comprimento até 20 km, e muito mais rápido que o posicionamento estático. O principal problema deste método de posicionamento é a resolução das ambigüidades. Estas são resolvidas através da técnica “OnTheFly”.
- Cinemático: Esse método é utilizado na medição de vários pontos em sucessão. É um método bastante eficaz em medir vários pontos próximos entre si. No entanto, no caso de existirem elementos que obstruam a trajetória do sinal (pontes, árvores, edifícios altos etc.) e menos de 4 satélites visíveis, é necessária uma reinicialização que pode demorar de 5 a 10 minutos, gerando atraso no processo.
- Pseudo-cinemático: Esse modelo é muito parecido com o rápido-estático, no entanto, requer um segundo estacionamento em cada ponto, após um intervalo de tempo que permita uma geometria de observação diferente. Esse procedimento serve para tornar possível a ligação da fase entre as duas sessões, equivalendo a um posicionamento estático, mas com uma grande lacuna de observações. Esse é um método bastante eficaz no que diz respeito ao tempo e em nível econômico, pois o operador pode aproveitar o tempo entre a primeira e a segunda sessão para estacionar nos restantes pontos.
- Pára-avança (stop and go): Esse método tem a determinação das ambigüidades antes do início do posicionamento. O posicionamento ocorre no transporte do receptor a todos os pontos a serem observados, efetuando breves paragens (alguns segundos), nas posições de maior interesse.

### 3.3.7 Tipos de GPS

Os equipamentos de GPS podem ser divididos em cinco grupos, classificados de acordo com os objetivos de precisão e investimento:



**Figura 15** - Tipos de GPS

Fonte: Cartografia Básica UFRRJ

#### 3.3.7.1 Navegação

Esses equipamentos fornecem o posicionamento em tempo real. Eles se baseiam no código C/A e tem como base as pseudo-distâncias obtendo-se precisão a ordem de 10 a 20 metros.

#### 3.3.7.2 DGPS

Esse se assemelha ao GPS de navegação, diferindo por possuir um link de rádio, utilizado para receber as correções diferenciais provenientes de uma estação base. Através dessas correções em tempo real, consegue-se eliminar o maior erro do GPS que é o AS, obtendo-se precisão da ordem de 1 a 3 metros.

#### 3.3.7.3 Cadastral

Os aparelhos dessa classe trabalham com código C/A e com a fase da portadora L1. O pós-processamento é feito através da utilização de softwares específicos. A grande diferença deste equipamento é a sua capacidade de obtenção e armazenamento de dados alfanuméricos associados às feições espaciais levantadas (ponto, linha e área), sendo uma importante ferramenta para o SIG, realizando cadastros de dados. Dependendo do método e do aparelho utilizado, consegue -se precisões de 10 centímetros a 1 metro.

#### 3.3.7.4 Topográficos

Esses aparelhos se assemelham muito aos cadastrais, no entanto são considerados mais evoluídos tecnologicamente, o que acarreta numa melhora da precisão, podendo chegar até 1 centímetro.

### 3.3.7.5 Geodésicos

São aparelhos de dupla frequência, ou seja, recebem a frequência L1 e a frequência L2. Esses aparelhos sofrem menos interferência da ionosfera, devido aos seus sofisticados recursos eletrônicos, conseguindo precisões diferenciais pós-processada da ordem de 5 mm a 1 ppm. São indicados para trabalhos geodésicos de alta precisão, como por exemplo transporte de coordenadas.

### 3.3.8 Aplicações do GPS

O sistema GPS foi desenvolvido para fins militares, durante a Segunda Guerra Mundial. Segundo dados do IBGE, em 1978 foi iniciado o rastreamento dos primeiros satélites, dando origem ao GPS como o conhecemos hoje. A seguir estão apresentadas algumas das principais aplicações do GPS, com o objetivo de dar uma visão global das potencialidades desse sistema:

#### 3.3.8.1 Transportes/Deslocamentos

Esse sistema possui grande importância para o transporte aéreo, marítimo e terrestre, sobretudo em localidades remotas de difícil reconhecimento. O sistema GPS permite ao usuário traçar rotas, conhecer a distância real entre um ponto e outro de interesse, estabelecer trajetos, dentre outras aplicações.

#### 3.3.8.2 Área Militar

Os sistemas de GPS tiveram origem na área militar, onde houve a primeira necessidade para a implantação de um sistema de posicionamento. Nesse setor o GPS é utilizado para navegação e orientação de tropas, veículos não tripulados e para o lançamento de mísseis “inteligentes”. Foi justamente por causa dessa capacidade de envios de mísseis que o Departamento de Estado Norte-Americano optou por codificar os sinais GPS. Assim, com o uso de interferência proposital, denominada *Selective Availability* ou código S/A, as posições estabelecidas pelo GPS são degradadas, gerando erros aleatórios na frequência dedicada ao uso civil.

Deste modo, infelizmente, muitas das maravilhas do GPS ficam reservadas apenas aos militares norte-americanos.

#### 3.3.8.3 Mapeamento e Geoprocessamento

O GPS tem ampla utilização nos serviços de Mapeamento e Geoprocessamento. Sua utilidade se dá na coleta de dados (coordenadas) de posicionamento dos diversos objetos a serem mapeados (analógicos ou digitais), como postes de redes elétricas, edificações em geral, limites de propriedades rurais, etc. Nos serviços de Cadastro e Manutenção, possui muitas aplicações, que visam elaborar e atualizar cartas temáticas, assim como na obtenção de dados para Monitoramento Ambiental, Prevenção de Acidentes ou Ajuste de Bases Cartográficas distintas, especialmente se utilizadas em GIS.

O GPS nasceu para obter a posição geográfica de uma entidade (elemento da superfície da Terra) com velocidade e exatidão altas a ponto de provocar a maior revolução que a Geodésia (ciência que se ocupa das medições sobre a face da Terra) já experimentou.

O armazenamento dos dados alfanuméricos pelo GPS é de grande importância na coleta de dados para o mapeamento. Incomparáveis são as vantagens sobre as técnicas utilizadas sem o uso do GPS, em termos de tempo, facilidade e confiabilidade na obtenção dos dados. Outros exemplos da utilização do GPS são para obras da construção civil, como estradas, barragens, pontes, túneis, etc. O GPS é um importante aliado nos serviços que exigem informações de posicionamento confiáveis e com rapidez.

Antes do GPS, para a realização das atividades acima descritas eram utilizados equipamentos e técnicas da Topografia convencional. O uso de equipamentos convencionais como teodolito, estação total, nível, trena, exigem muito mais tempo e profissionais qualificados, aumentando, dessa forma os custos.

#### **3.3.8.4 Defesa civil**

Nos serviços de proteção civil, o uso do GPS também é de grande importância. Receptores de GPS são colocados em ambulâncias, em helicópteros com o objetivo de guiar resgates até a população muito mais rapidamente, em estações de vigilância ambiental, afim de verificar deslizamentos e desmatamento e auxiliando em situações onde a visibilidade é reduzida.

#### **3.3.8.5 Topografia e geodésia**

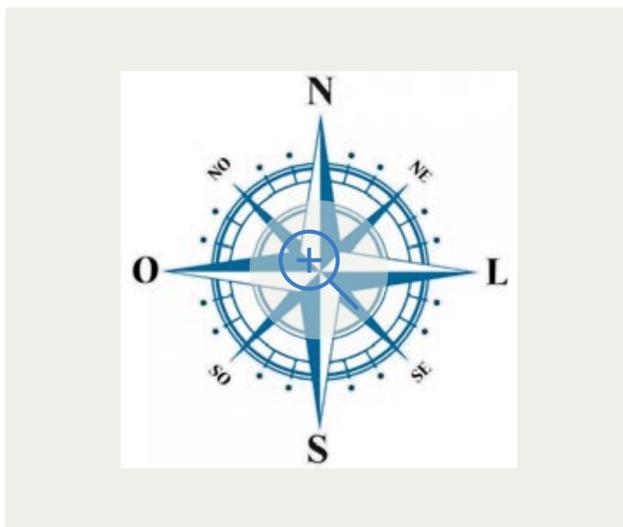
Os avanços tecnológicos da informática e da eletrotécnica vieram revolucionar o modo de praticar topografia. Primeiro com o aparecimento dos instrumentos eletrônicos de medição de distâncias e agora mais recentemente com os receptores GPS. Essa ferramenta é hoje em dia utilizada em todas as aplicações topográficas, a sua precisão milimétrica permite utilizá-lo para determinar ângulos, distâncias, áreas, coordenadas de pontos, efetuar levantamentos, etc.

#### **3.3.8.6 Esportes e Lazer**

O GPS tem ampla utilização nas atividades que envolvem o deslocamento do indivíduo e o reconhecimento do local. Atividades como pesca, trilhas, alpinismo, entre outras, são extremamente dependentes do sistema de GPS. Em conclusão, o uso do GPS já está incorporado ao cotidiano do ser humano. Dessa forma, seria impossível enumerar toda a multiplicidade de usos do GPS. Com o desenvolvimento desse sistema, novas aplicações irão surgindo, assim como a tecnologia que as envolve.

## 3.4 Sistema de Orientação

A orientação é feita por meio dos pontos cardeais, que são os pontos de referência. Historicamente, por conta da extensão da superfície terrestre e aumento da circulação de pessoas e mercadorias, surgiu a necessidade de posicionar corretamente as localidades e traçar rotas a seguir. Daí resultaram os diversos meios de orientação. Em um primeiro momento a astronomia essa orientação era feita pelos astros, depois vieram a bússola e o astrolábio, até chegarmos, atualmente, aos rádios, radares e GPS. Graficamente, esse sistema de orientação é feito por meio da rosa dos ventos (Figura 15). Nesse sistema de orientação o norte e o sul são posicionados sobre qualquer meridiano e a orientação leste e oeste posicionados sobre qualquer paralelo.



**Figura 16** - Representação da Rosa dos Ventos

Fonte: Suportegeografico

### 3.4.1 Orientação pelo Sol

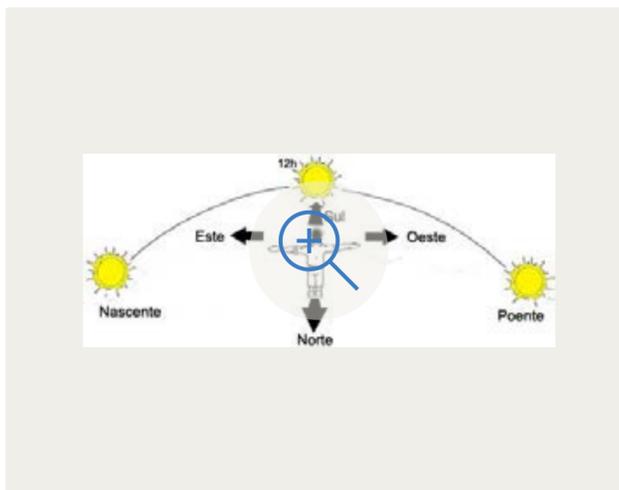
Esse é um dos métodos mais antigos adotados pelo homem. Ela é feita de acordo com o movimento aparente do Sol, isto é, devido ao movimento de rotação exercido pela Terra. Para orientar-se pelo Sol, basta posicionar-se com mão direita estendida para o nascente, onde se tem o leste. A mão esquerda indica o oeste, à frente da pessoa é o norte e suas costas, o sul. O norte e o sul apontam na direção dos pólos terrestres; o leste e o oeste apontam para o lado do nascer e por do sol. Deve-se destacar que, o leste e o oeste não apontam sempre para o ponto onde o sol nasce ou se põe e sim para o lado do nascente ou lado do poente (Figura 17).

Durante o ano, o sol nasce em pontos diferentes do lado do nascente e se põe em pontos diferentes do poente. Por isso, não podemos dizer que o sol nasce sempre no leste e se põe no oeste. Dependendo da época do ano a diferença entre o nascente (ponto onde o sol nasceu) e o leste verdadeiro é grande. Portanto, o sol nasce no lado leste de onde estamos e não no ponto cardinal leste, o mesmo acontece com o por, o sol se põe no lado oeste e não no ponto cardinal oeste.

Para encontrar os pontos cardeais através do sol, escolha um local que receba diretamente a luz do sol, pelo menos das 10 horas às 15 horas. O local pode ser um pequeno pátio ou uma área livre que tenha o chão liso, plano (nivelado). No período da manhã finque firmemente no chão uma vareta reta (V), certifique -se que ela não esteja tombada. A vareta irá produzir uma

sombra se o sol estiver iluminando-a . Faça uma marca na ponta da sombra projetada pela vareta (S1) e depois trace uma circunferência partindo da marca e tomando como centro o ponto onde a vareta estiver fincada (é possível fazer isso laçando a vareta com um barbante e prendendo um giz na outra ponta). Depois do meio dia a ponta da sombra irá tocar a circunferência novamente. Fique atento a este momento, assim que a sombra tocar a circunferência, faça nova marca (S2). Para encontrar os pontos cardeais siga o seguinte procedimento:

- Ligue o ponto S1 ao S2;
- Ache o meio desta reta e marque o ponto M;
- Ligue o ponto M ao ponto V;
- A reta S1-S2 é a direção oeste-leste; a reta M-V é a direção sul-norte;
- Você poderá verificar que o este está no lado do nascer do Sol, mas dificilmente estará onde o Sol nasceu.

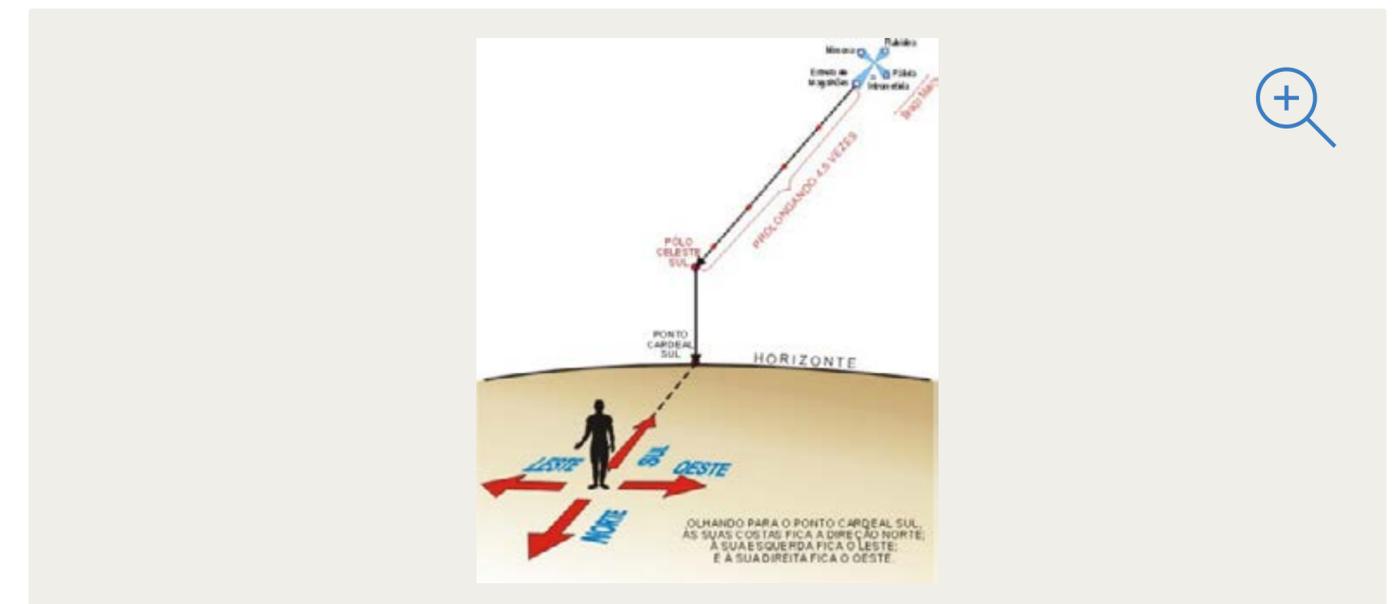


**Figura 17** - Esquema de orientação pelo Sol

Fonte: Antoniocv.blogspot

### 3.4.2 Orientação pelas estrelas

Outra forma de orientação a muitos anos exploradas pela sociedade humana é a orientação pelas estrelas. No hemisfério sul, o referencial mais utilizado são as estrelas da constelação do Cruzeiro do Sul (Figura 18). Para orientar-se por esta constelação, basta prolongar quatro vezes e meia a parte maior da cruz e posteriormente estender uma linha imaginária perpendicular até o horizonte, onde se encontra a direção sul. No hemisfério norte, normalmente se utiliza a estrela Polar da Constelação de Ursa Menor. Se traçarmos uma linha imaginária, perpendicular a linha do horizonte, partindo desta estrela até a superfície, encontraremos a direção norte.



**Figura 18** - Sistema de orientação pelo Cruzeiro do Sul

Fonte: Astronomia Real

### 3.4.3 Orientação pela bússola

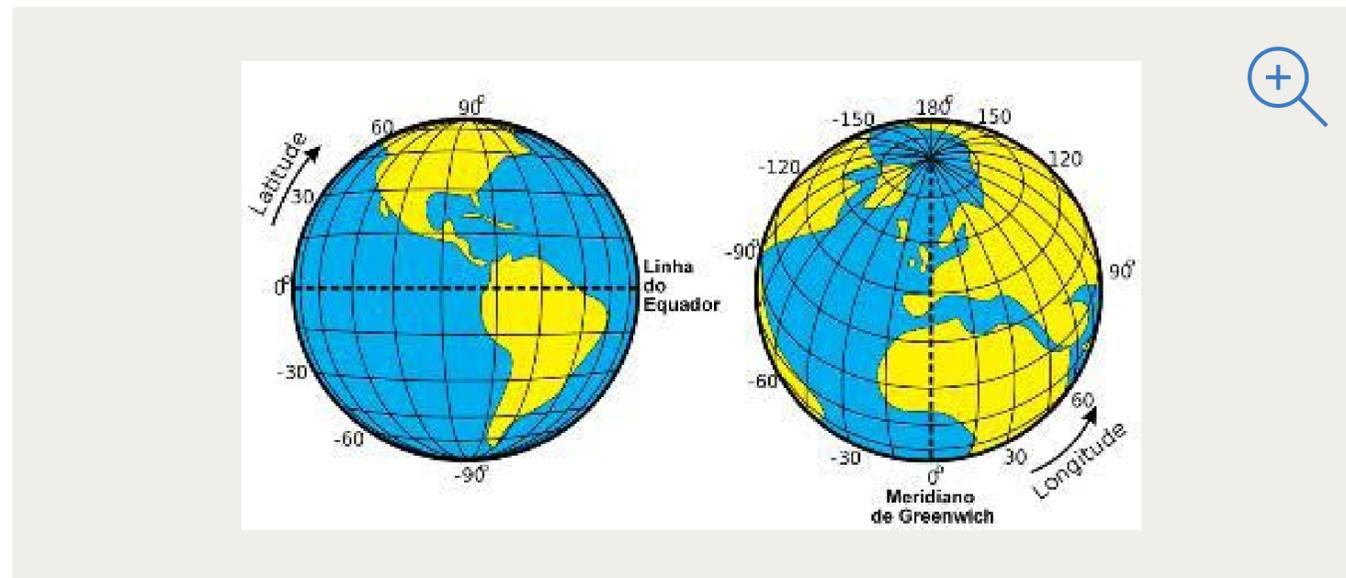
A bússola é um objeto utilizado, há muitos anos, para orientação geográfica. O funcionamento da bússola está baseado no princípio físico do magnetismo terrestre. A bússola apresenta uma agulha imantada que aponta sempre para o polo norte magnético (NM). O nortemagnético(NM)da Terra não coincide exatamente com o polo norte da Terra (NG) , definido pelos meridianos. A diferença existente entre o NM e o NG é chamada de declinação magnética e está indicada nas folhas topográficas. Esta por sua vez, não é fixa, varia anualmente.

# 4. Representações cartográficas

## 4.1 Tipos de Representação

### 4.1.1 Globo

Essa é uma representação da superfície terrestre sobre uma esfera, em pequena escala dos aspectos naturais e artificiais do planeta. Tem o objetivo de ser uma representação cultural e ilustrativa (Figura 19).



**Figura 19** - Representação do globo terrestre

Fonte: Linesontheglobe.Jamaica Olazo

### 4.1.2 Mapa

De acordo com a ABNT, mapa é: “**representação gráfica, em geral uma superfície plana e numa determinada escala, com a representação de acidentes físicos e culturais da superfície da Terra, ou de um planeta ou satélite**”. Por outro lado, o conceito de carta significa a “**representação dos aspectos naturais e artificiais da Terra, destinada a fins práticos da atividade humana, permitindo a avaliação precisa de distâncias, direções e a localização plana, geralmente em média ou grande escala, de uma superfície da Terra, subdividida em folhas, de forma sistemática, obedecido um plano nacional ou internacional**”.

A elaboração de um mapa deve ser feita por profissional que tenha pelo conhecimento do modelo de representação escolhido, que tenha domínio do objeto e discernimento científico para excluir os detalhes de menor importância, de acordo com a escala e objetivo do mapa. A escolha de cores e símbolos também é de grande relevância, uma vez que esses elementos são partes interpretativas do mapa (Figura 20). Assim sendo, algumas características importantes sobre os mapas:

- São imagens bidimensionais, resultados da aplicação de símbolos gráficos para representação da superfície terrestre;

- Tem objetivo de discernir relações espaciais entre os vários fenômenos;
- A representação da superfície terrestre é feita por meio de uma escala;
- Área delimitada por acidentes naturais (bacias, planaltos, chapadas...) e por questões político-administrativas
- A representação da superfície e localização geográfica em escala exigem o uso de uma projeção cartográfica.



**Figura 20** - Representação de um mapa

Fonte: Aprendendoporaícatografia

### 4.1.3 Carta

De acordo com o IBGE: **“É a representação no plano, em escala média ou grande, dos aspectos artificiais e naturais de uma área tomada de uma superfície planetária, subdividida em folhas, delimitadas por linhas convencionais – paralelos e meridianos – com a finalidade de possibilitar a avaliação de pormenores, com grau de precisão compatível com a escala”** (Figura 21). Possui como características:

- É uma representação plana da superfície terrestre;
- É uma representação de escala média ou grande;
- É subdividida em folhas delimitadas por linhas convencionais – Paralelos e Meridianos – com a finalidade de possibilitar a avaliação de pormenores, com grau de precisão compatível com a escala.



**Figura 21** - Representação de uma carta do Brasil

Fonte: IBGE

Deve-se atentar que no caso da representação de área em uma carta na escala de 1:1.000.000, essa oferece poucos detalhes da superfície objeto. A fim de aumentar os detalhes, as escalas das cartas são ampliadas, para as escalas de: 1:500.000, 1:250.000, 1:100.000, 1:50.000, 1:25.000, etc. Ampliando-se a escala os graus de arco abrangidos pela carta/folha são diminuídos, conforme mostrado na Tabela 4 e Figura 22:

Tabela 4 - Articulação Sistemática de Folhas de Cartas

| Escala 1/ | Área $\square \times \square$ | Medidas da Folha no Terreno (Km) | Folhas contidas numa de 1:1.000.000 | Nomenclatura            |
|-----------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| 1.000.000 | 4° x 6°                       | 444,48 x 666,72                  | 1                                   | -                       |
| 500.000   | 2° x 3°                       | 222,24 x 333,36                  | 4                                   | V, X, Y ou Z            |
| 250.000   | 1° x 1,5°                     | 111,12 x 166,68                  | 16                                  | A, B, C ou D            |
| 100.000   | 30' x 30'                     | 55,56 x 55,56                    | 96                                  | I, II, III, IV, V ou VI |
| 50.000    | 15' x 15'                     | 27,78 x 27,78                    | 384                                 | 1, 2, 3 ou 4            |
| 25.000    | 7,5' x 7,5'                   | 13,89 x 13,89                    | 1.536                               | NE, NO, SE ou SO        |

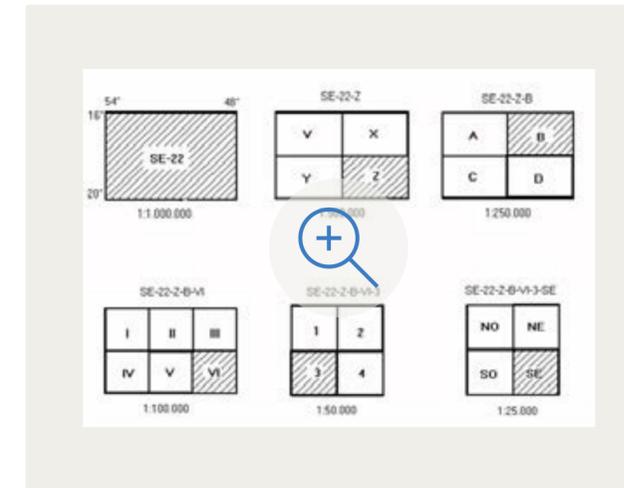


Figura 22 - Articulação sistemáticas de folhas de cartas

#### 4.1.4 Planta

É um tipo particular de carta. A sua representação fica restrita a uma área pequena, com grande escala e maior número de detalhes (Figura 23).

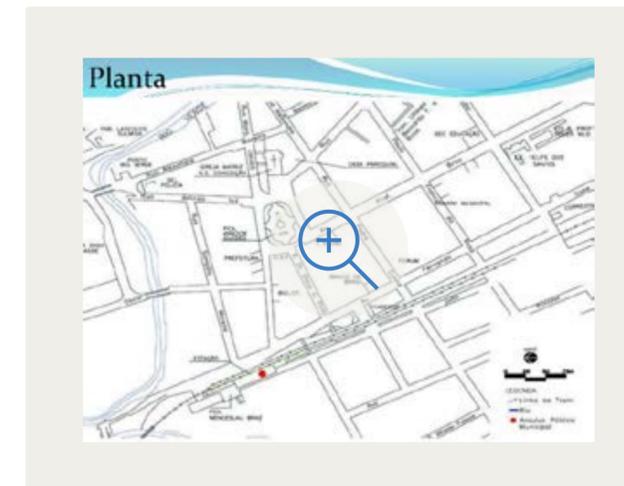


Figura 23 - Representação de uma planta cartográfica

Fonte: jrbaleixobloggeografia

## 4.2 Escala

É a razão entre as dimensões de um elemento representado no mapa e as dimensões do mesmo elemento no terreno. Ou seja é a relação existente entre a medida de um objeto ou lugar representado no papel (d) e sua medida real (D). Essa razão é dada da seguinte forma:

$$\text{Relação da escala} = d/D$$

Dessa forma, a relação d/D, pode ser maior, menor ou igual a unidade, determinando dessa forma a classificação da sua projeção:

- $d > D$ , escala de ampliação (1ª);
- $d = D$ , escala real (2ª);
- $d < D$ , escala de redução, ou seja a distância gráfica é menor que a real, é a mais utilizada em cartografia. (3ª).

O cálculo da escala cartográfica é feito da seguinte forma:

$$1/E = d/D$$

Em que:

E = escala;

d = distância no papel (mapa);

D = distância real (terreno)

A escala é a primeira coisa que se deve procurar em um mapa ou carta. Se ela é superior a 2 quilômetros por centímetro ou aproximadamente 1:250.000 diz-se ser um mapa ou carta de grande escala. Considera-se um mapa de escala média o que vai de 1:250.000 a 1:1.000.000.

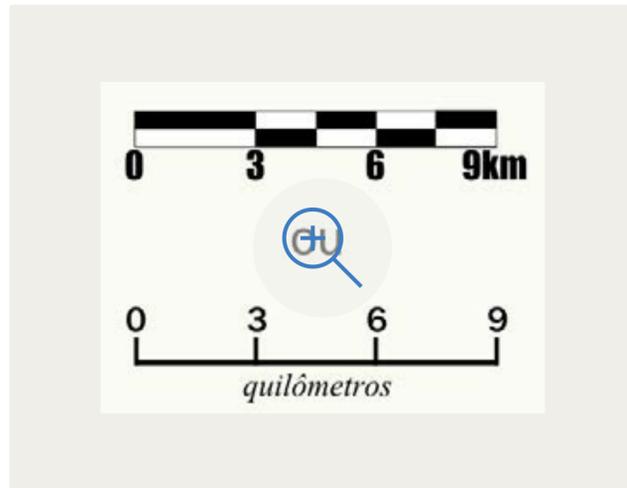
### 4.2.1 Escala Numérica

Indica a relação entre comprimentos de uma linha na carta e o correspondente comprimento no terreno, em forma de fração com a unidade para o numerador. Indica a relação entre comprimentos de uma linha na carta e o correspondente comprimento no terreno, em forma de fração com a unidade para o numerador.

Por exemplo, em uma escala 1/100.000, qualquer medida linear no mapa (d) é, no terreno (D), 100.000 vezes maior. A escala numérica pode ser representada por qualquer uma das seguintes formas: 1:100.000 ou 1/100.000 exemplo: 1:2.000; 1:25.000

### 4.2.2 Escala Gráfica

É a representação gráfica de várias distâncias no terreno sobre uma linha reta graduada, que contem subdivisões denominadas TALÕES. Cada talão apresenta a relação de seu comprimento com o valor correspondente no terreno (Figura 24).



**Figura 24 - Escala Gráfica**

Fonte: Alunosonline.uol

### 4.2.3 Precisão Gráfica da Escala

É a menor grandeza medida no terreno, capaz de ser representada no desenho por meio da mencionada escala. O menor comprimento gráfico que se pode representar em um desenho é de 1/5 de milímetro ou 0,2 mm, sendo este o erro gráfico admissível.

$$e_m = 0,0002 \text{ metro} \times M$$

Em que:

e: erro correspondente no terreno, em metros;

N: denominador da Escala ( $E = 1/N$ )

### 4.2.4 Escolha da Escala

Na escolha da escala deve-se levar em consideração o nível de detalhamento das informações na carta e o espaço disponível do papel. Para o cálculo deve-se considerar a menor feição no terreno que deseja-se representar. Deve-se ponderar que pequenas áreas devem ser representadas com escalas maiores. Nesse sentido, considerando uma região da superfície terrestre que possua muitos acidentes de cerca de 10m de extensão, a menor escala para a representação deverá ser de 1:50.000.

Para essa determinação devemos prosseguir com o cálculo:

$$M = e_m / 0,0002$$

Em que:

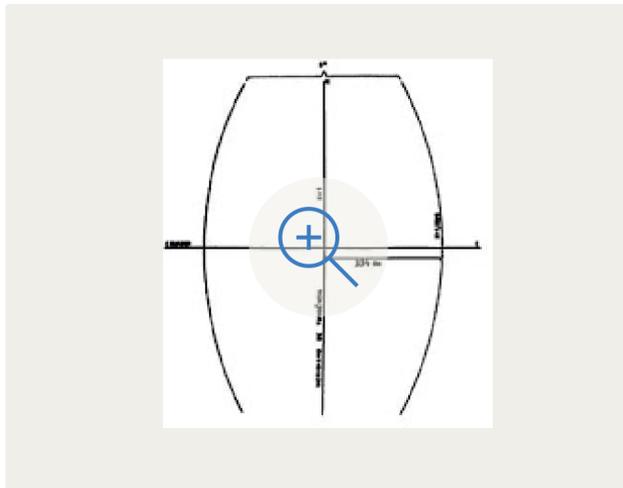
M: escala a ser adotada;

$e_m$ : erro tolerável em metros

### 1.1 Sistema de Coordenadas UTM

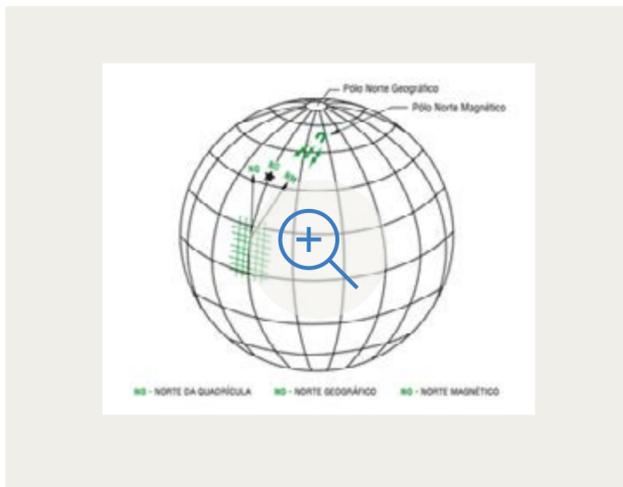
O mundo é dividido em 60 fusos de 6° de longitude, cada. Cada fuso é gerado a partir da rotação do planeta Terra, desse modo, o meridiano de tangência divide cada fuso em duas partes iguais de amplitude 3° (Figura 25). O sistema de coordenadas geográficas UTM é um quadriculado representando o sistema de coordenadas plano-retangulares, de modo que o eixo coincida com a projeção do Meridiano Central do fuso, com o eixo N apontado para Norte, e o outro eixo

em projeção com o Equador. Seguindo essa regra, cada ponto do elipsóide, teoricamente estará correspondente ao Meridiano Central(Figura 26). Dessa forma,



**Figura 25** - Fuso UTM

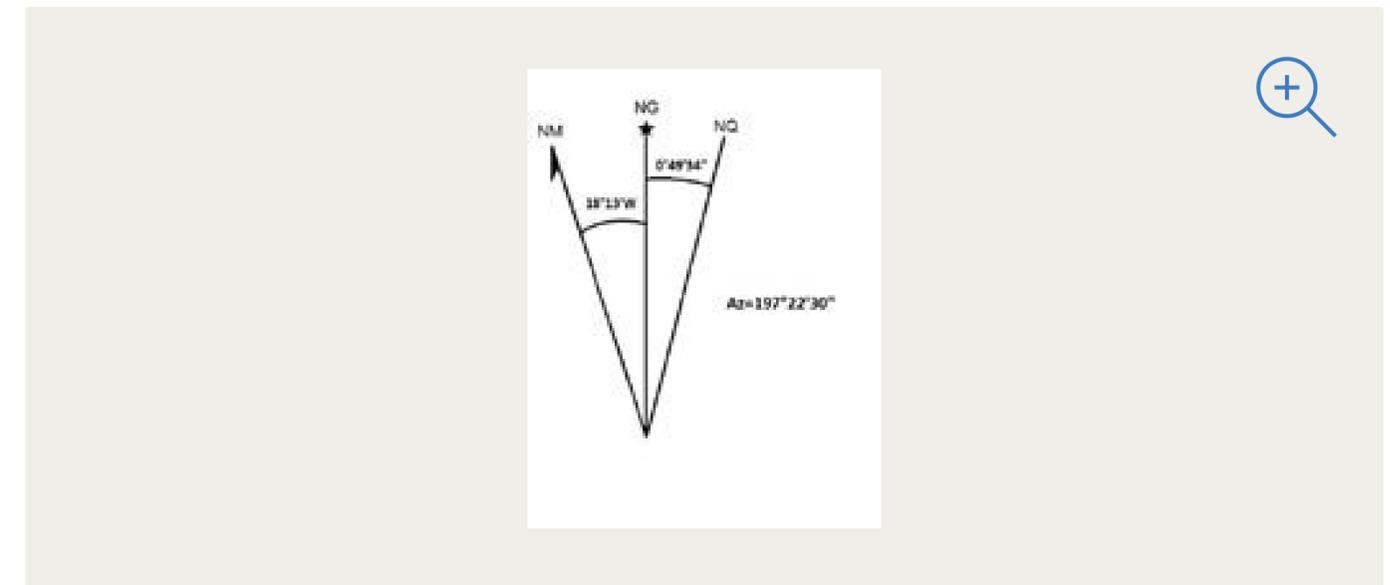
Fonte: IBGE



**Figura 26** - Norte de quadrícula, norte geográfico e norte magnético

Fonte: IBGE

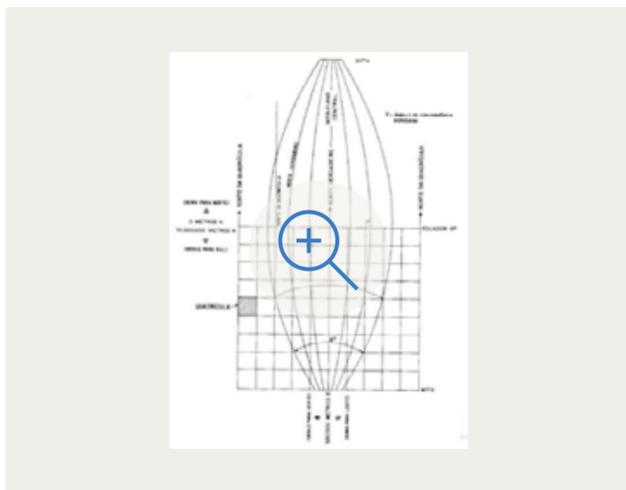
Os meridianos dos fusos de projeção formam um ângulo com as linhas verticais da quadrícula. Esse ângulo é nulo para o meridiano central mas vai aumentando com a diferença de longitude e também com a latitude. Este ângulo foi chamado de convergência meridiana, a qual é variável em relação à situação a cada ponto dentro da zona e representada (Figura 27).



**Figura 27** - Convergência meridiana

Fonte: IBGE

As medidas do quadriculado do sistema UTM tem origem no cruzamento do meridiano central com o equador, ao qual foram atribuídos valores arbitrariamente, conforme representado pela Figura IV.



**Figura 28** - Origem das coordenadas UTM

Fonte: IBGE

#### 4.2.5 Conceitos Importantes

O sistema de coordenadas UTM possibilita o posicionamento dos pontos sobre a superfície da Terra. Porém, é comum esperar o posicionamento relativo de direção nos casos de navegação. Dessa forma, ficam definidos três vetores associados a cada ponto:

- Norte Verdadeiro ou de Gauss – É a direção tangente ao meridiano (geodésico) passante pelo ponto e apontado para o Polo Norte.
- Norte Magnético – É a direção tangente à linha de força do campo magnético passante pelo ponto e apontado para o Polo Norte Magnético.
- Norte da Quadrícula – É a direção paralela ao eixo N (que coincide com o Meridiano Central do fuso) do Sistema de Projeção UTM no ponto considerado e apontado para o Norte (sentido positivo de N).
- Azimute: É o ângulo formado entre a direção Norte-Sul e a direção considerada, contado à partir do Polo Norte, no sentido horário.

O Azimute varia de  $0^\circ$  a  $360^\circ$  e dependendo do Norte ao qual esteja a referenciado podemos ter:

- Azimute Verdadeiro ou de Gauss ( Az G AB );
- Azimute da Quadrícula ( Az Q AB );
- Azimute Magnético ( Az M AB )

OBS.: O azimute Geodésico corresponde ao Azimute Verdadeiro contado a partir do Polo Sul.

- Contra-azimute: É o Azimute da direção inversa.
- Declinação Magnética (  $\delta$  ): É o ângulo formado entre os vetores Norte Verdadeiro e o Norte Magnético associado a um ponto.
- Convergência Meridiana Plana (  $\gamma$  ): É o ângulo formado entre os vetores Norte Verdadeiro e o Norte da Quadrícula associado a um ponto.

No sistema UTM, a Convergência Meridiana Plana cresce com a latitude e com o afastamento do Meridiano Central (MC). No hemisfério Norte ela é positiva a Este do MC e negativa a Oeste do MC. No hemisfério Sul ela é negativa a Este do MC e positiva a Oeste do MC.

- Rumos: É o menor ângulo que uma direção faz com a Direção Norte-Sul. Após o valor do rumo deve ser indicado o quadrante geográfico a que o mesmo pertence, ou seja: NO, NE, SO ou SE.

OBS: Como os azimutes, os rumos, dependendo do norte ao qual são referenciados podem ser: Rumo verdadeiro, da quadrícula ou magnético.

- Contra-rumo: É o rumo da direção inversa.

# 5. Tecnologias aplicadas a cartografia

O pouco investimento brasileiro em tecnologias e pesquisa em cartografia faz com que o país esteja desatualizado, fazendo com que o mapeamento não alcance os objetivos para os quais foram projetados. Os métodos para produção de mapas, assim como para atualização cartográfica evoluíram gradativamente em todo mundo, com o advento de novos processos tecnológicos, principalmente na área da informática com o mapeamento digital, a utilização de Sistemas de Posicionamento Global (GPS), tratamento digital de imagens e Sistemas de Informação Geográfica (SIG'S).

O sensoriamento remoto é uma importante área para a cartografia, uma vez que agiliza e reduz os custos relacionados ao levantamento de dados, por meio de imagens orbitais. Por sua vez, o geoprocessamento é uma área que engloba diversas tecnologias no tratamento e manipulação de dados georreferenciados. Portanto, essas duas grandes áreas continuam sendo as mais expressivas para a cartografia, pois possibilitam o uso das diversas tecnologias disponíveis.

## 5.1 Sensoriamento Remoto

Sensoriamento remoto é uma técnica de obtenção de informações, imagens, de determinado alvo a certa distância, sem que haja contato físico entre o alvo e o sensor. Acredita-se que o termo sensoriamento remoto foi primeiramente usado por Evelyn L. Pruit, na década de 60 e o objetivo como eficiente tecnologia que coleta automaticamente dados para levantamento e monitoramento de informações em escala global.

Desta forma o sensoriamento remoto pode ser definido como ferramenta para obtenção de qualquer informação à distância. A obtenção das informações da superfície terrestre é feita através da interação da radiação eletromagnética com a superfície por sensores.

Esses sensores estão presentes em plataformas orbitais ou satélites. Para o funcionamento de um sistema de sensoriamento remoto são necessárias três elementos básicas: Objeto de estudo, radiação eletromagnética e um sensor. Segundo Florenzano (2011) o processamento, a análise e interpretação dos dados coletados também integram o sensoriamento remoto.

O sensoriamento remoto possui inúmeras aplicações, entre elas temos os estudos atmosféricos e da superfície terrestre. Portanto o sensoriamento remoto é de grande importância para diversas áreas do conhecimento como geologia, engenharias cartografia, entre outras.

Os sistemas sensores utilizados na aquisição de dados e registro de informações de objetos podem ser classificados de acordo com a resolução espacial (imageadores e não-imageadores), segundo a fonte de radiação (ativos e passivos) e segundo o sistema de registro (fotográficos e não- fotográficos).

- Sensores Imageadores – são sensores que fornecem uma imagem de um objeto. Como exemplo podemos citar os “scanners” e as câmaras fotográficas.
- Sensores não-Imageadores – são sensores que fornecem informações sobre o objeto sem produzir imagens, estas informações podem estar contidas em gráficos, tabelas, entre outros. Os exemplos desses sensores são os radiômetros, espectrorradiômetros e termômetros de radiação.
- Sensores Ativos – são sensores ativos os que têm uma fonte própria de radiação eletromagnética. Como exemplo citamos o radar e uma câmara fotográfica com flash.
- Sensores Passivos – são sensores passivos os que não possuem fonte própria de radiação. Como exemplo temos: radiômetros, espectrorradiômetros e termômetros de radiação.

- Sensores Fotográficos – são os sistemas sensores que utilizam como fonte de registro um filme fotográfico. Um exemplo são as câmeras fotográficas.
- Sensores não-Fotográficos – são sensores que não utilizam como fonte de registro um filme. Como exemplo temos: radiômetros, sensor ETM+/Landsat, sensor MSS/Landsat, SPOT.

Os dados de sensoriamento remoto podem ser agrupados em quatro domínios ou resoluções, a saber: temporal, radiométrico, espectral, espacial ou geométrico.

- Resolução Temporal – O tempo no qual um sensor adquire uma imagem de uma mesma área com o passar do tempo ao longo de um período é chamada de resolução temporal. Um ponto importante é que ao melhorar a resolução temporal é observada uma perda de qualidade na resolução espacial. “É o tempo que leva para um sensor repetir a mesma cena.” (ANTUNES, 2013)
- Resolução Radiométrica – O processo no qual identificadores de intensidade de radiância que medem por área de cada pixel, é chamado de resolução radiométrica. “Número de bits que é utilizado para a quantização dos sinais elétricos (voltagem ou corrente elétrica) gerados pelos sensores não-fotográficos.” (ANTUNES, 2013)
- Resolução Espectral – Uma das propriedades mais importantes da imagem, para sensoriamento remoto, é a resolução espectral. Antunes (2013) define como “Número de bandas espectrais, a largura destas bandas e a faixa espectral em que estas bandas se localizam.

- Resolução Espacial – A resolução espacial é o quanto cada pixel corresponde na realidade, de forma simplificada, é o tamanho de cada pixel. “A resolução espacial diz respeito à área que cada pixel corresponde na superfície” (ANTUNES, 2013)

Os satélites para atualização e/ou elaboração de documentos cartográficos fazem parte do grupo de satélites de sensoriamento remoto e monitoramento do meio ambiente, dos quais os mais utilizados no Brasil são: o LANDSAT, o SPOT, o CBERS, IKONOS e o QUICK BIRD.

Hoje inúmeras instituições do país utilizam-se desta tecnologia para obter informações de caráter geológico, geomorfológico, pedológico, hidrológico, agrícola, de qualidade ambiental, etc.

## 5.2 Geoprocessamento

Na correção de distorção sistemática e não sistemática em imagens de sensoriamento remoto utilizamos correções geométricas. “**O georreferenciamento das imagens permitem a realização de rotação, translação, correções da não ortogonalidade dos eixos e a variação de escala através de transformação a fim de coordenadas.**” (ANTUNES, 2013).

Possui como pontos: Registro, ponto de controle, reamostragem, raiz do erro médio quadrático, correção da superfície para imagem, correção de mapa para imagem e correção de imagem para imagem.

O geoprocessamento é constituído de vários módulos, e dentre eles, podem ser citados:

- Banco de Dados Espaciais e de Atributos;
- Levantamento e manipulação de imagens;
- Análise gráfica;
- Elaboração de relatórios estratégicos;
- Dados estatísticos;
- Elaboração e desenvolvimento de Mapas.

# Referências Bibliográficas

- Metodologia de Validação Topológica do Conjunto de Dados Geoespaciais – DSG – 2ª Edição – 2014;
- Manual de Uso do Plugin DSG Tools para o QGIS (5 de fevereiro de 2018);
- Metodologia de Aquisição de Dados Geoespaciais em Imagens Ortorectificadas por Digitalização em Tela – DSG – 2ª Edição 2014;
- Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais do Patrimônio Público Federal (ET-EDGV Patrimônio Público Federal) Versão 1.5.3 – Janeiro 2018;
- Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais do Patrimônio Público Federal (ET-ADGV Patrimônio Público Federal) Versão 1.5.3 – Janeiro 2018;
- <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-24102005-145532/publico/Capitulo3.pdf>;
- Dissertação de Mestrado “Modelagem de Dados Geográficos: Uma Extensão do Modelo OMT para Aplicações Geográficas” – Karla Albuquerque de Vasconcelos Borges – Escola de Governo Fundação João Pinheiro – 1997;
- Modelagem de Dados Geográficos – Curso de Especialização em Geoprocessamento – Karla Albuquerque de Vasconcelos Borges – UFMG – 2002;
- <https://www.slideserve.com/otto/dados-espaciais-e-bancos-de-dados-espaciais>.

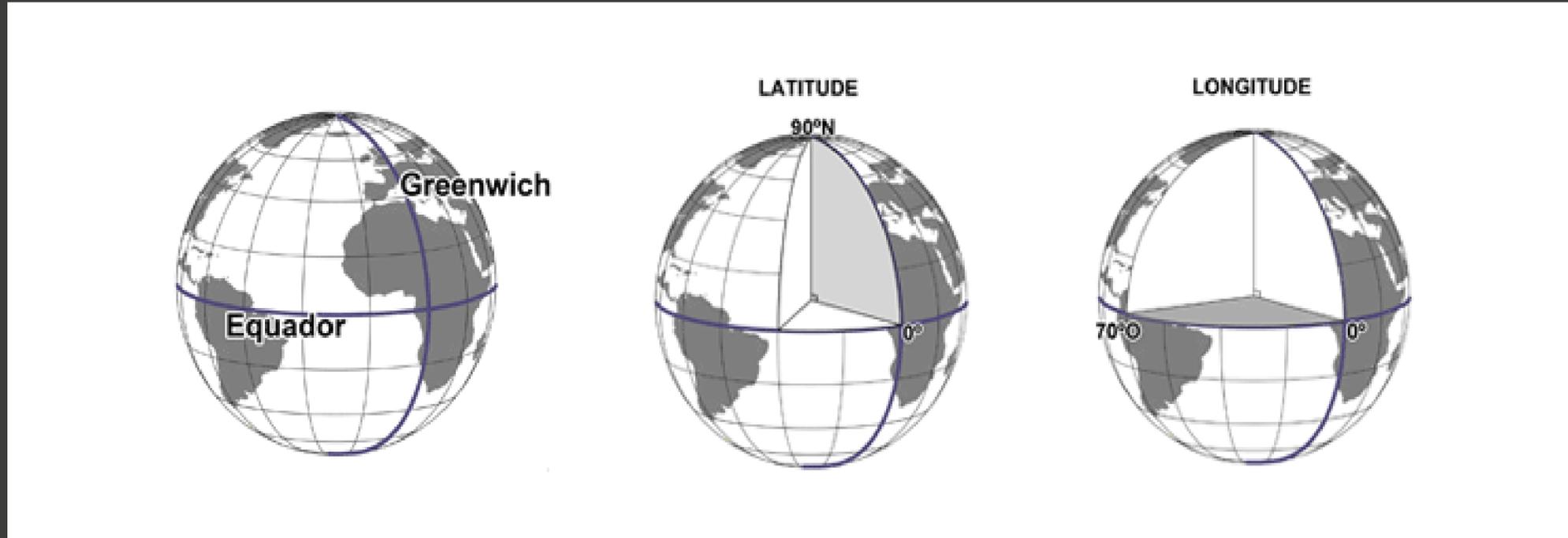
# Contato

geospu@planejamento.gov.br

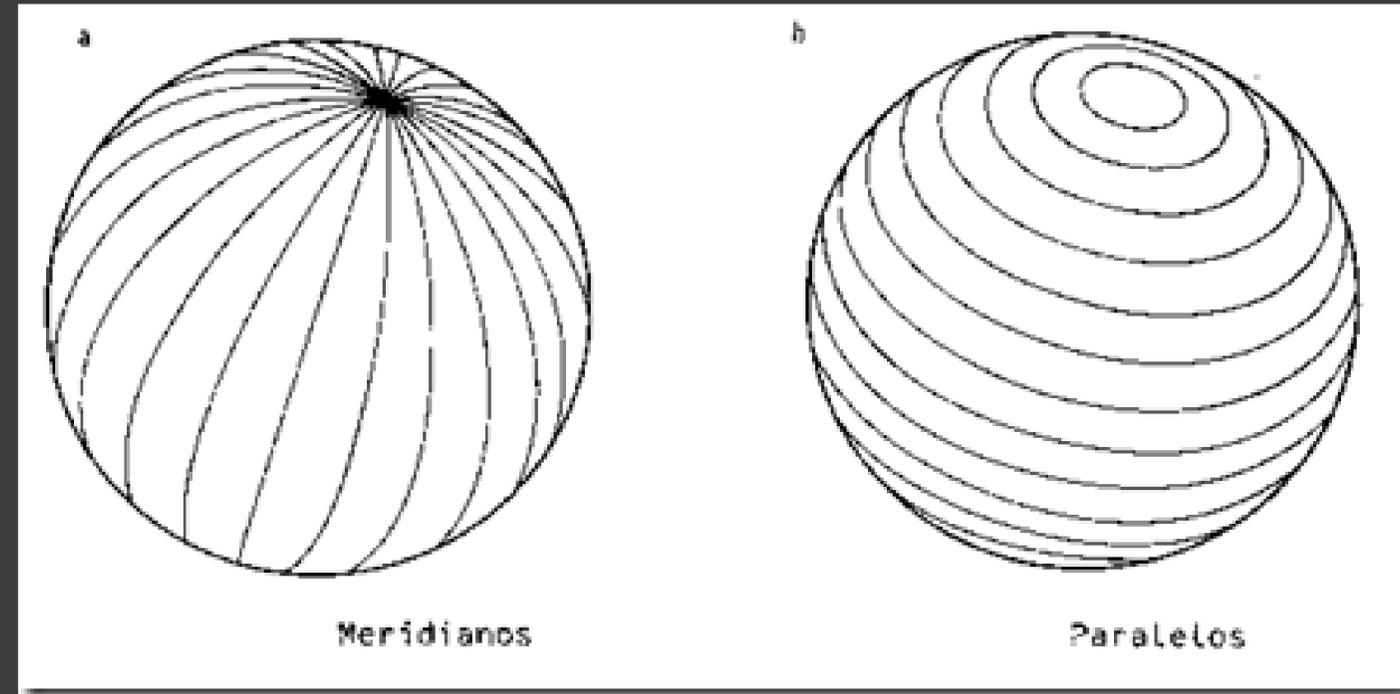
Saiba mais:

<http://www.planejamento.gov.br/assuntos/gestao/patrimonio-da-uniao/geoinformacao>

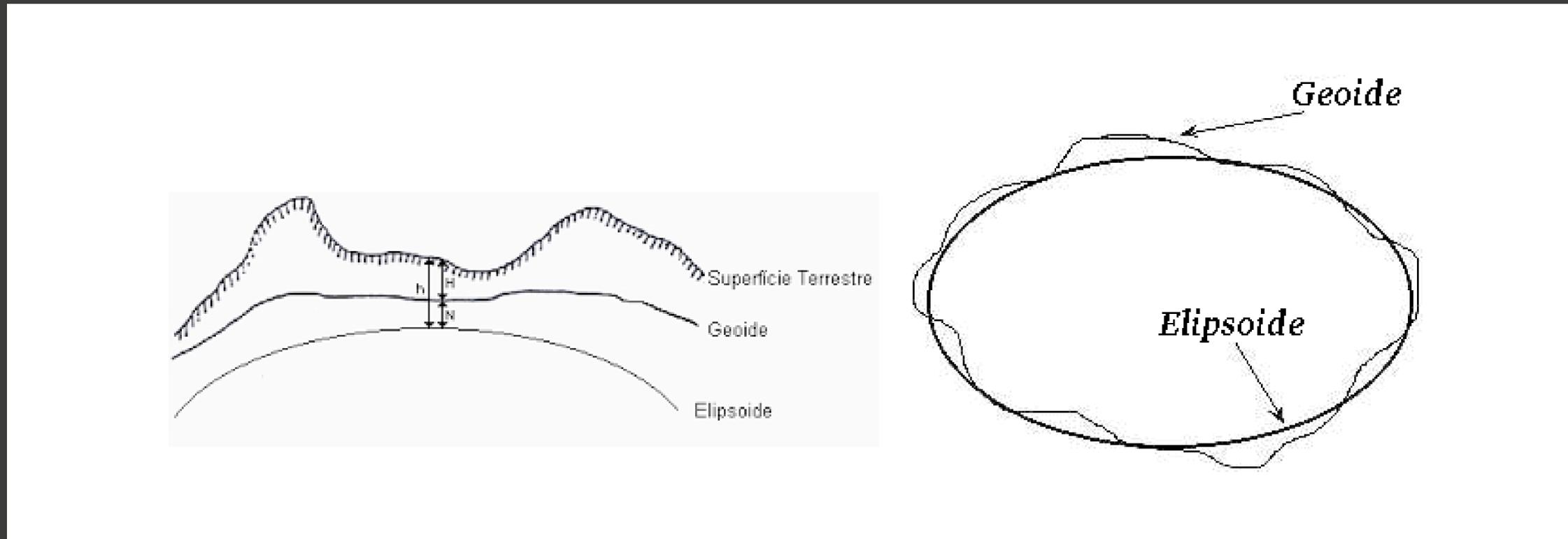
# Imagens



**Figura 1:** Latitude e Longitude da Terra  
Fonte: Cartografia UFSM

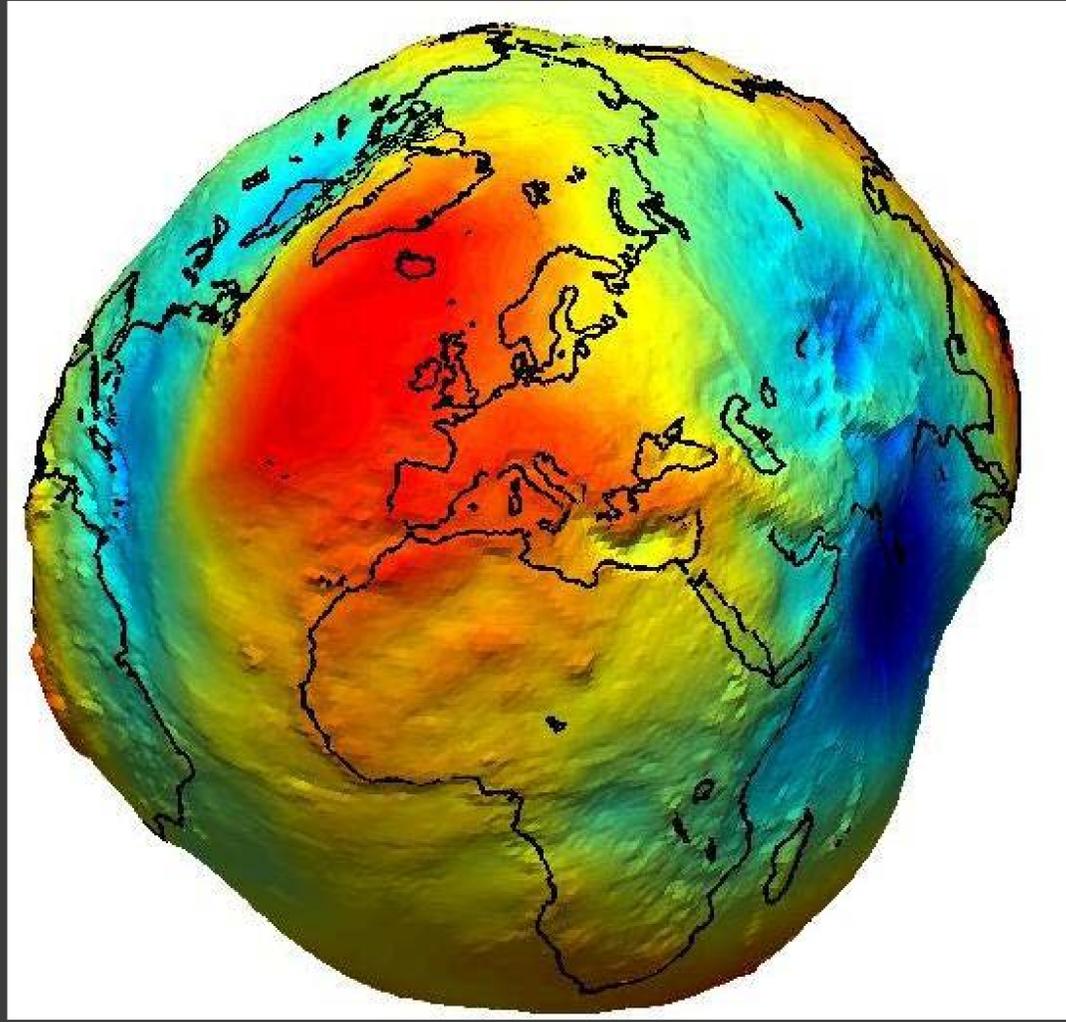


**Figura 2:** Meridianos e Paralelos  
Fonte: Mundo Educação

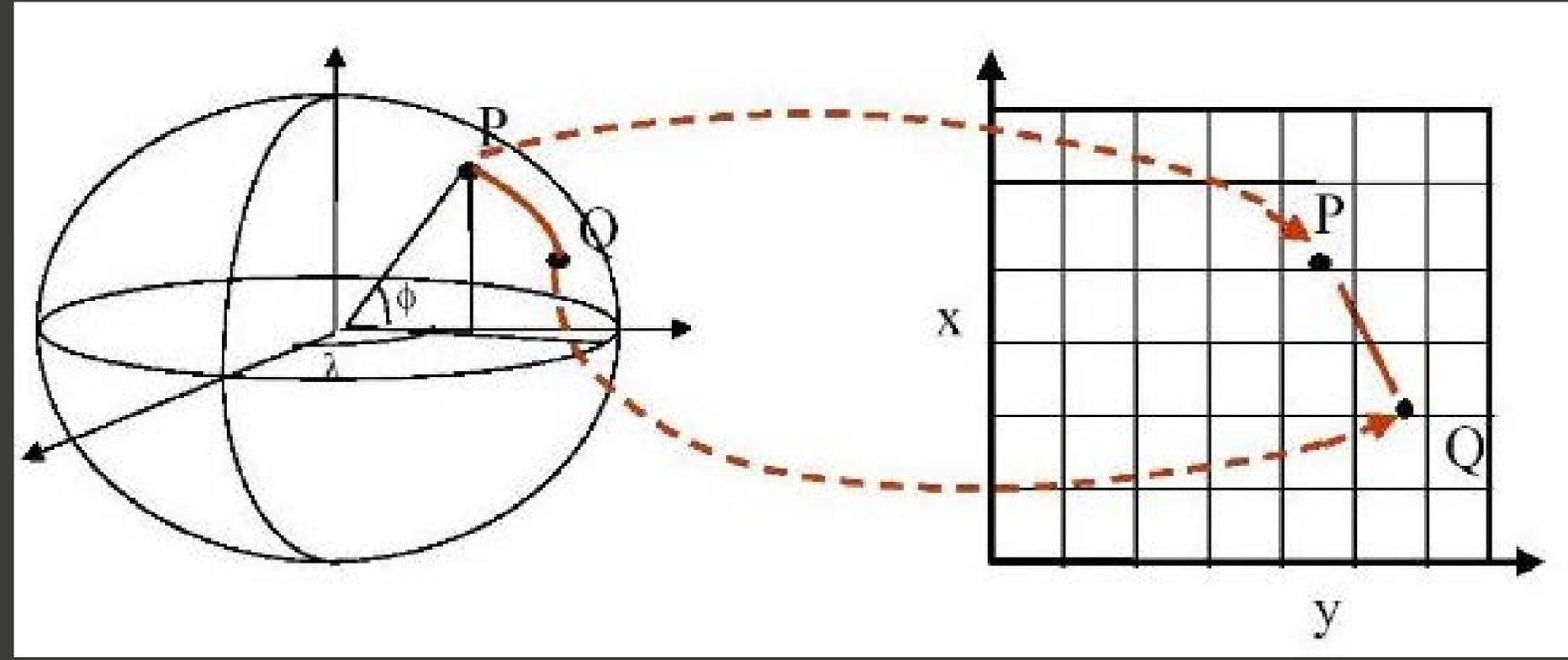


**Figura 3:** Modelos de representação terrestre: Geóide e Elipsóide

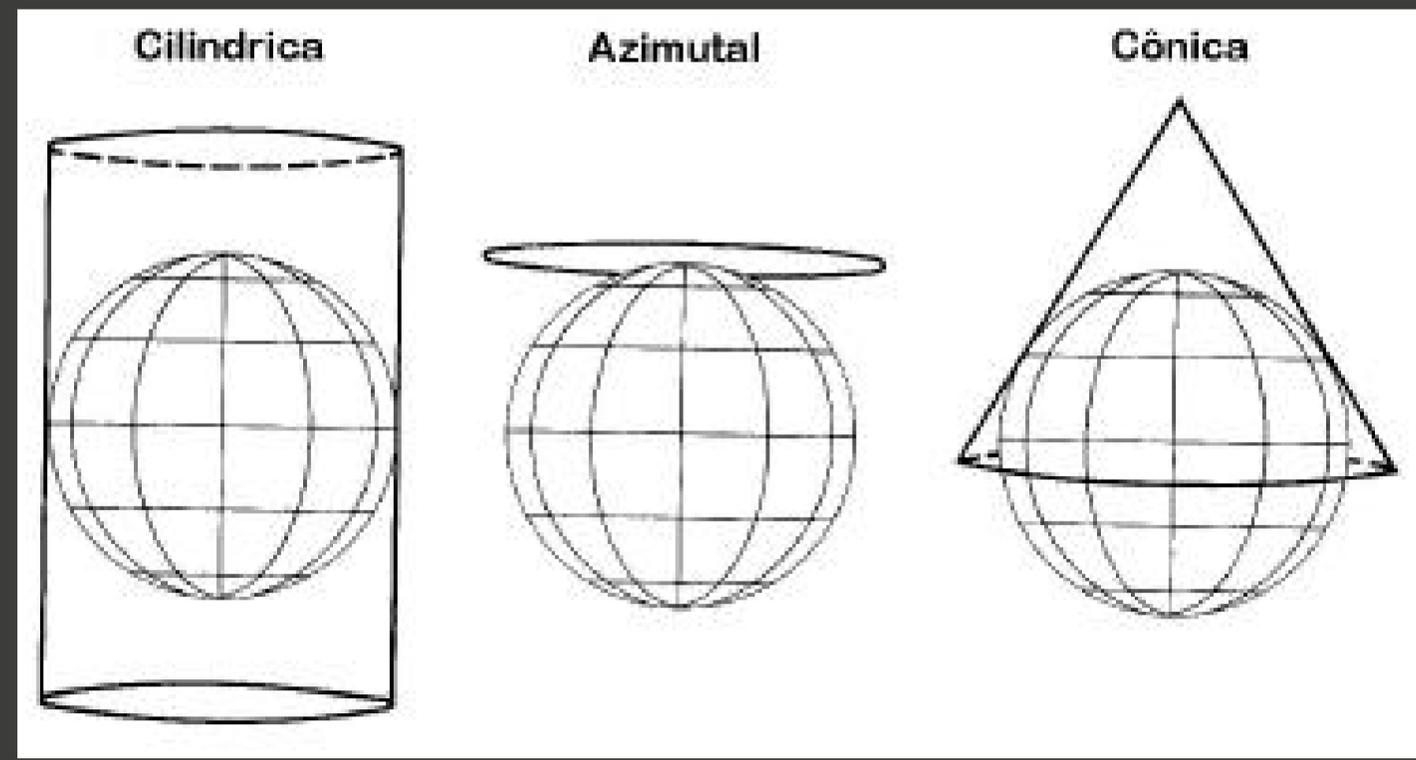
Fonte: DGTerritório



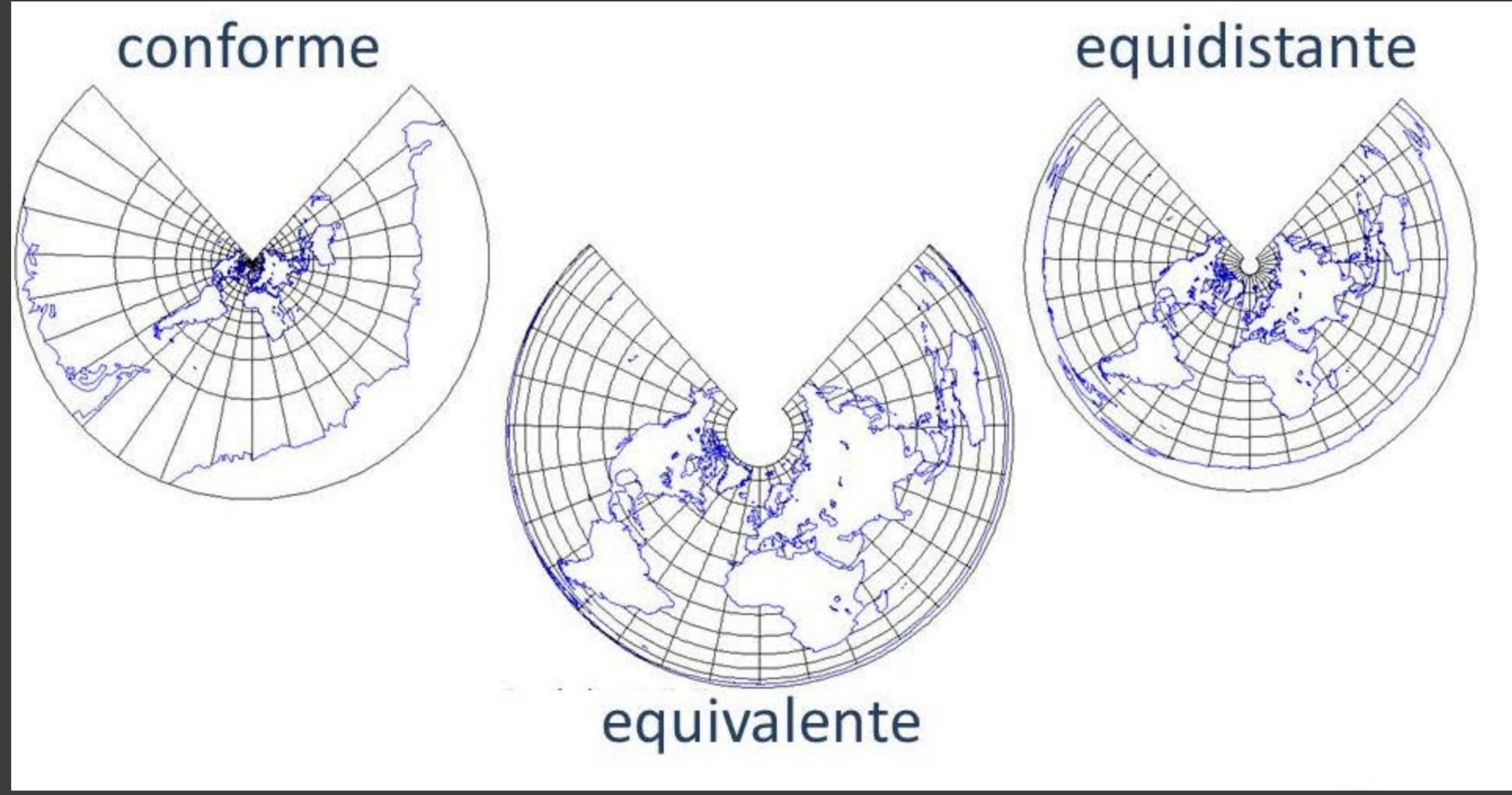
**Figura 4:** Representação de geóide terrestre  
Fonte: Geografia Escolar



**Figura 5:** Projeções cartográficas  
Fonte: Cartografia Básica UFRRJ

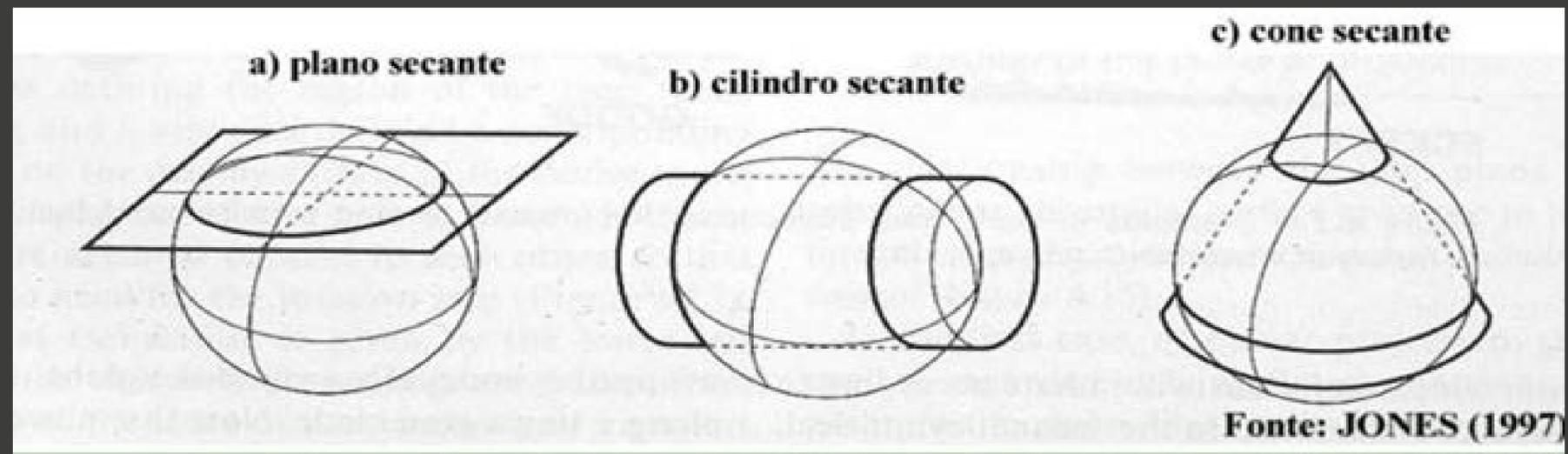
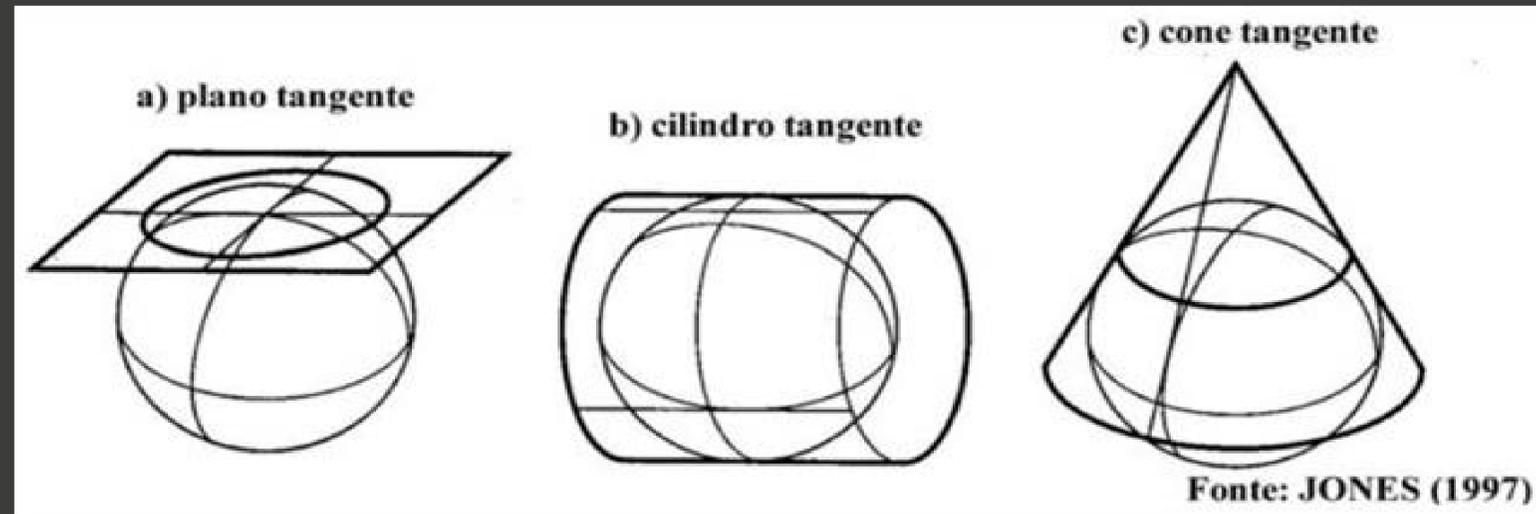


**Figura 6:** Classificação das projeções quanto ao tipo de superfície adotada  
Fonte: Mundo Educação



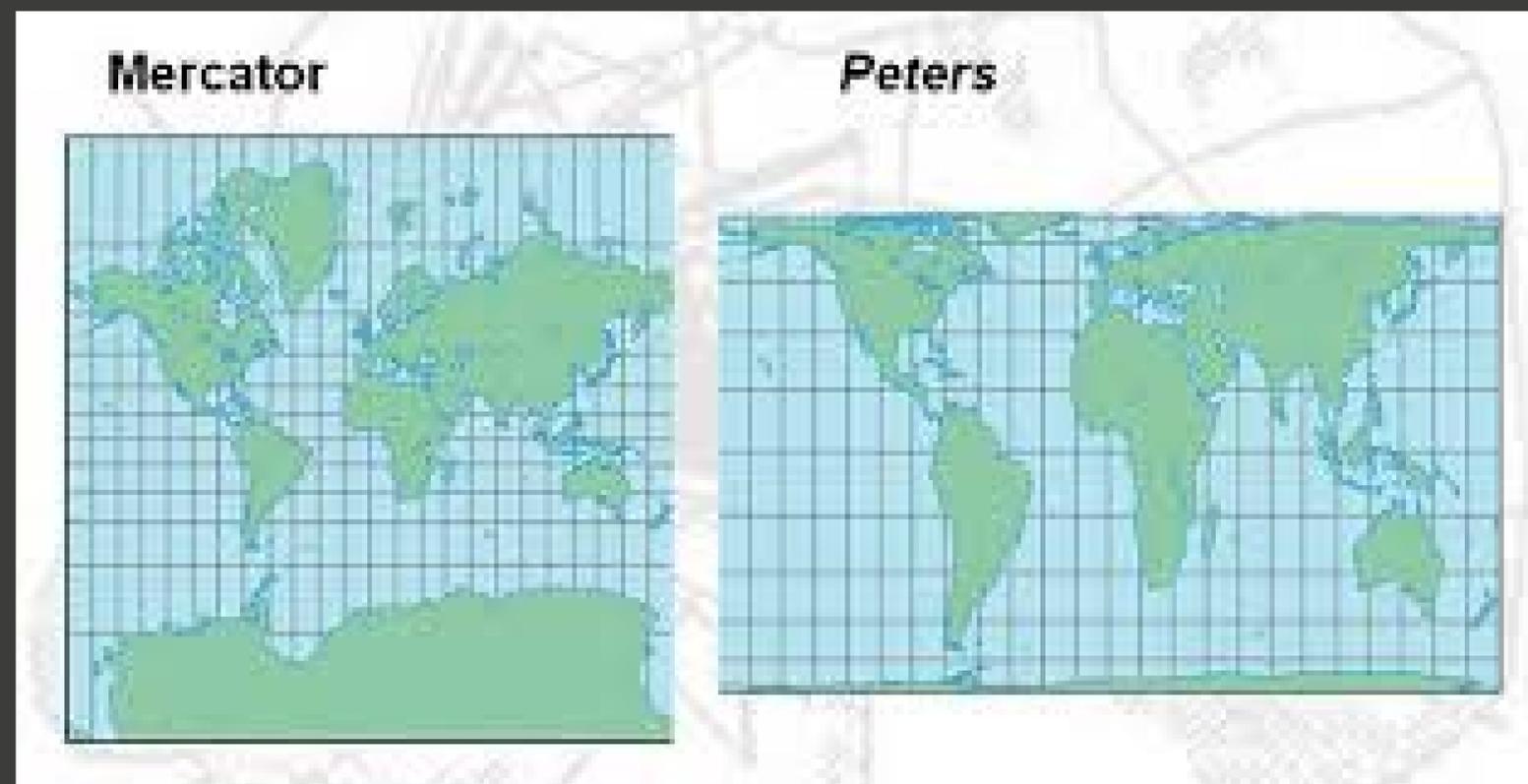
**Figura 7:** Classificação das projeções quanto as propriedades

Fonte: CAsD



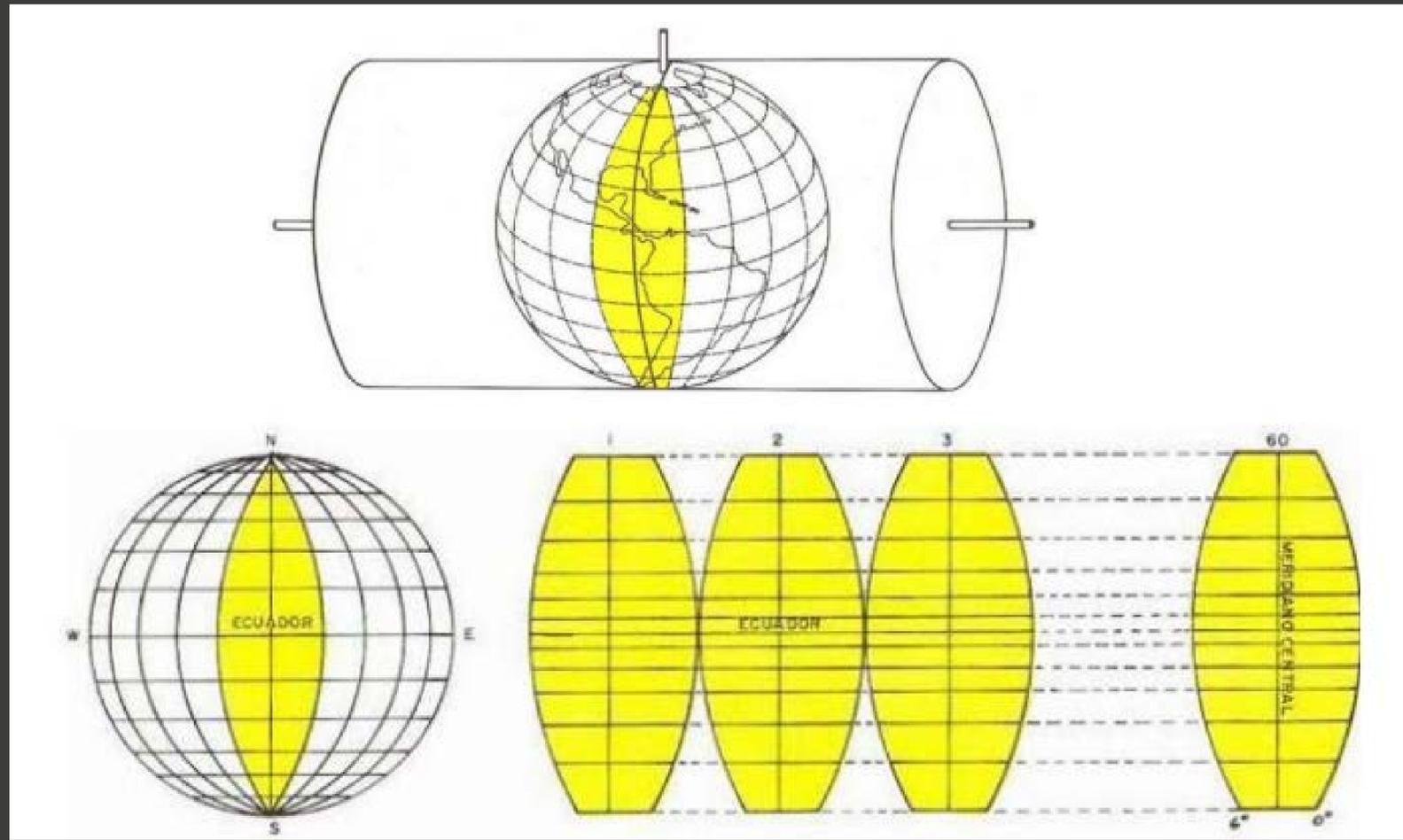
**Figura 8:** Classificação das projeções quanto a superfície de projeção de referência

Fonte: [csr.ufmg.br](http://csr.ufmg.br)



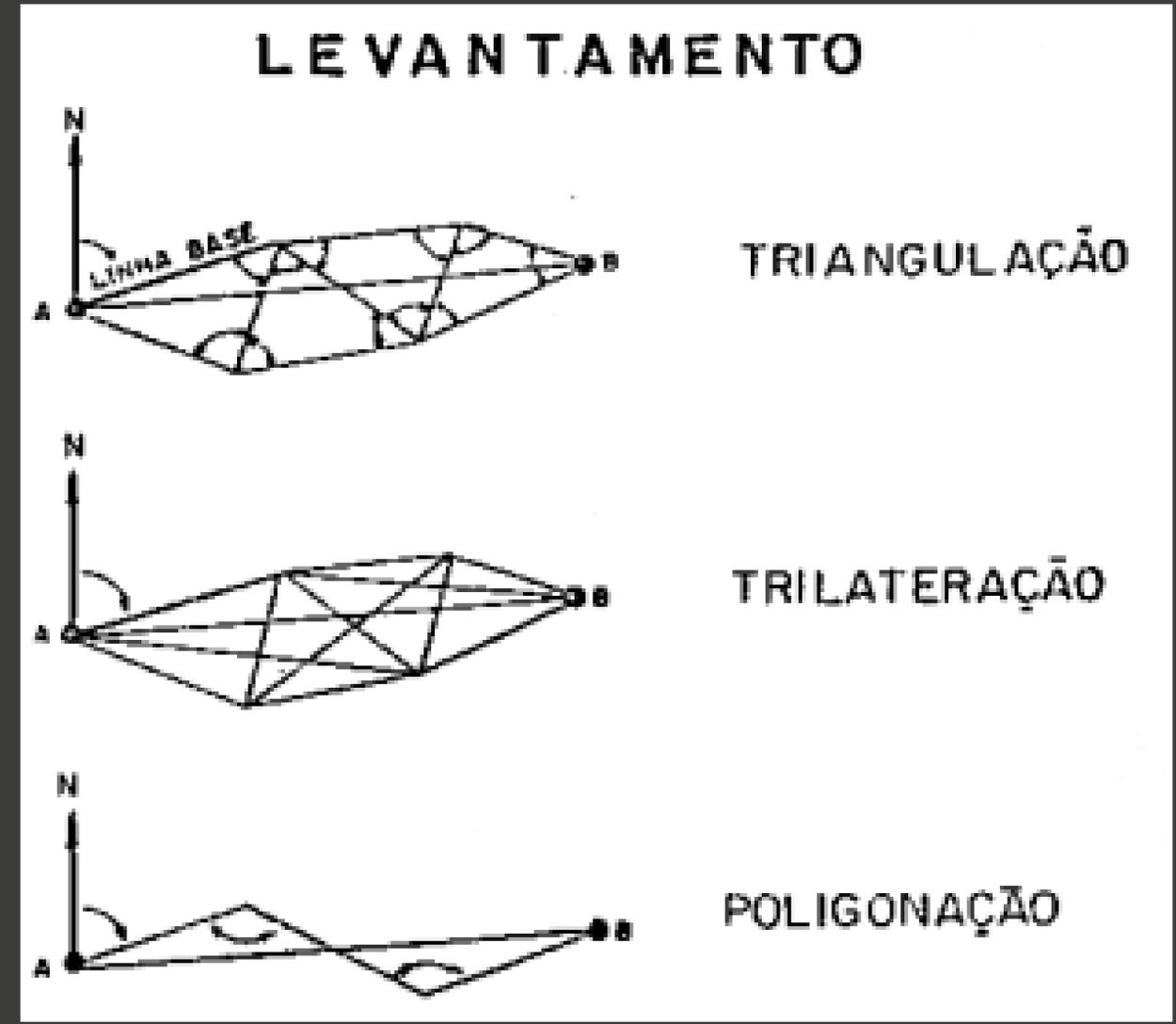
**Figura 9:** Representação e diferença das projeções de Mercator e Peters

Fonte: Brasil Escola



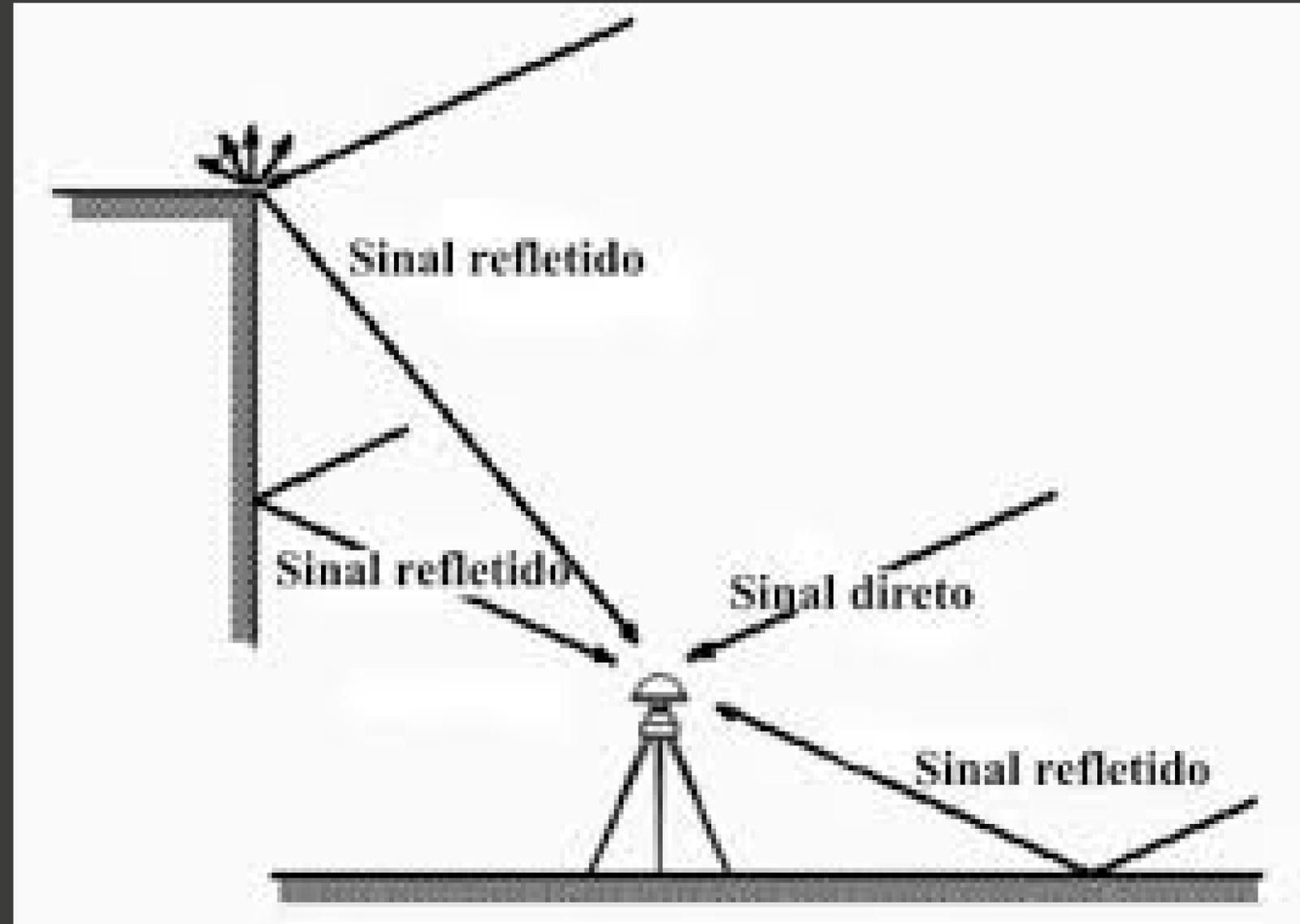
**Figura 10:** Sistema de projeção UTM

Fonte: [geografafalando.com](http://geografafalando.com)



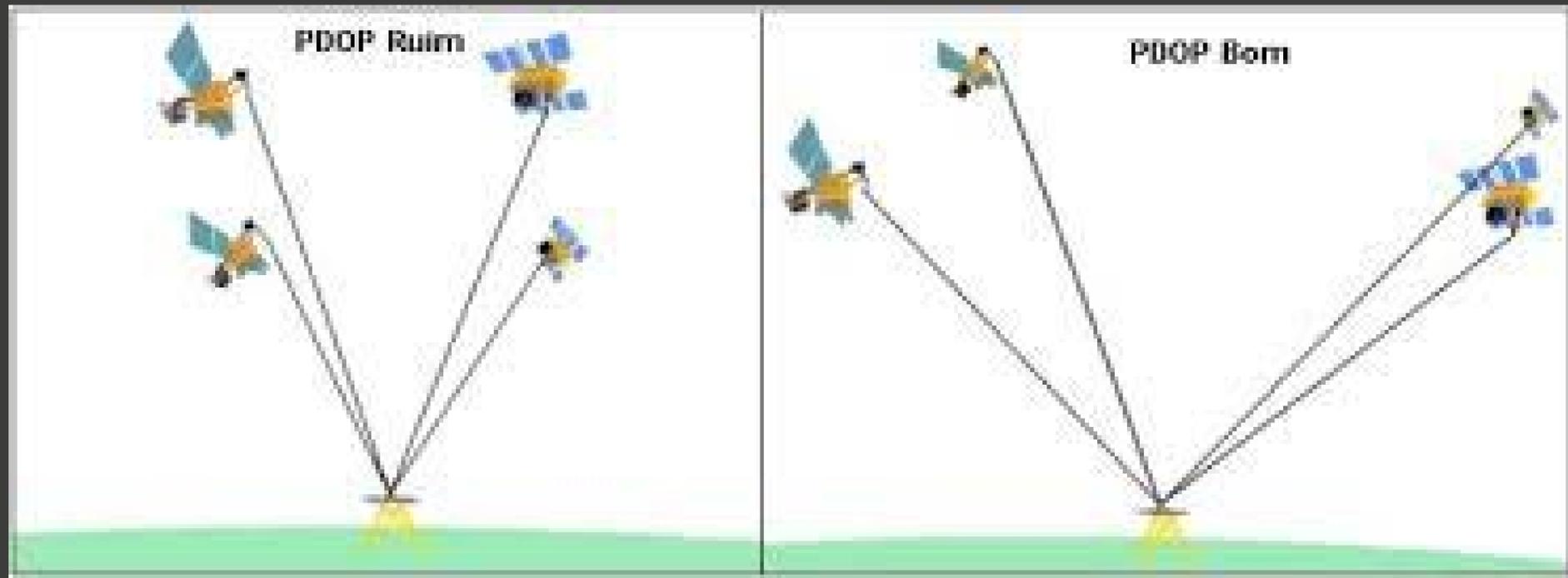
**Figura 11:** Representações dos sistemas planimétricos

Fonte: IBGE



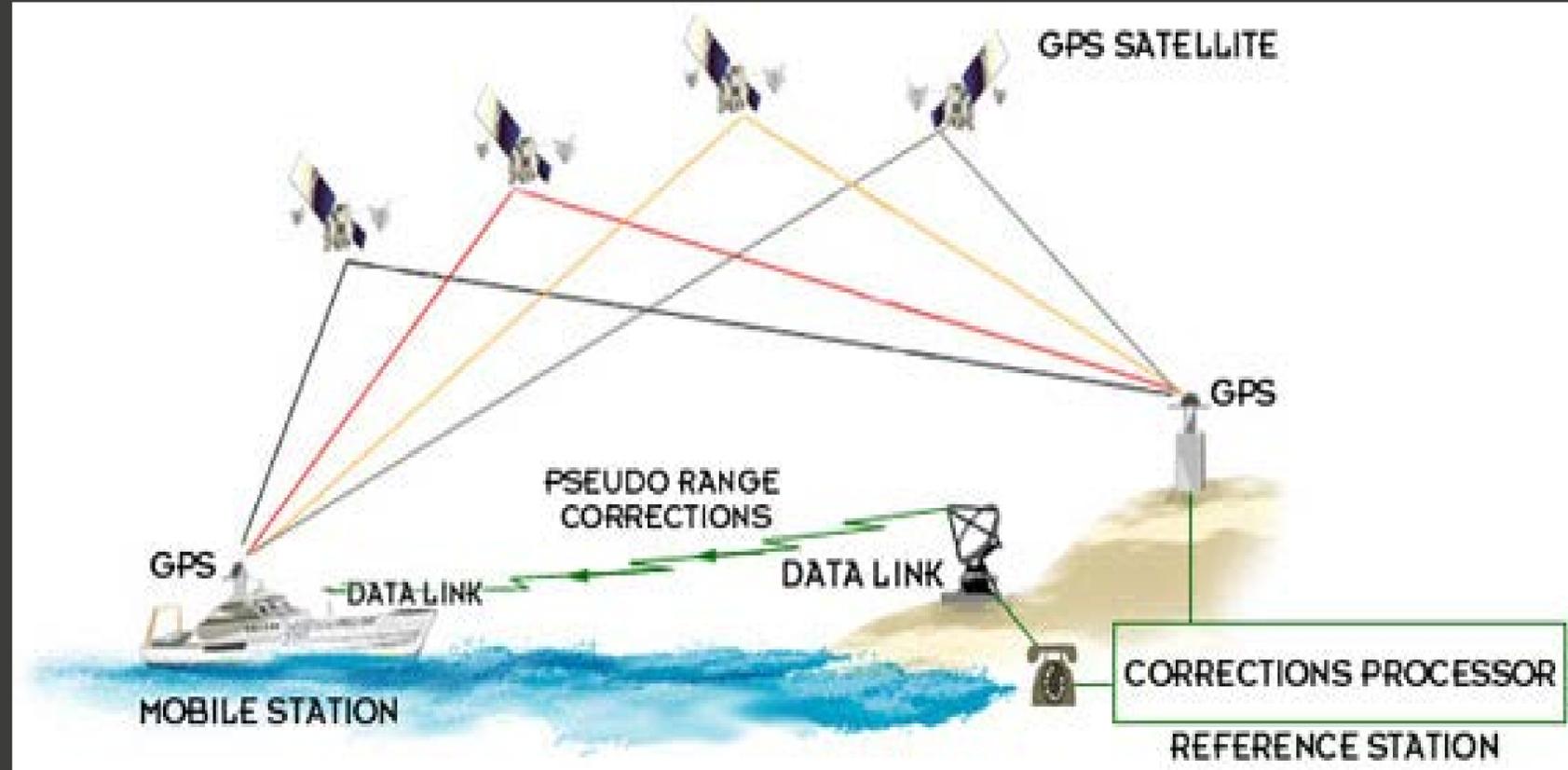
**Figura 12:** Ocorrência do erro devido ao multi-caminhamento

Fonte: Mundogeo.com



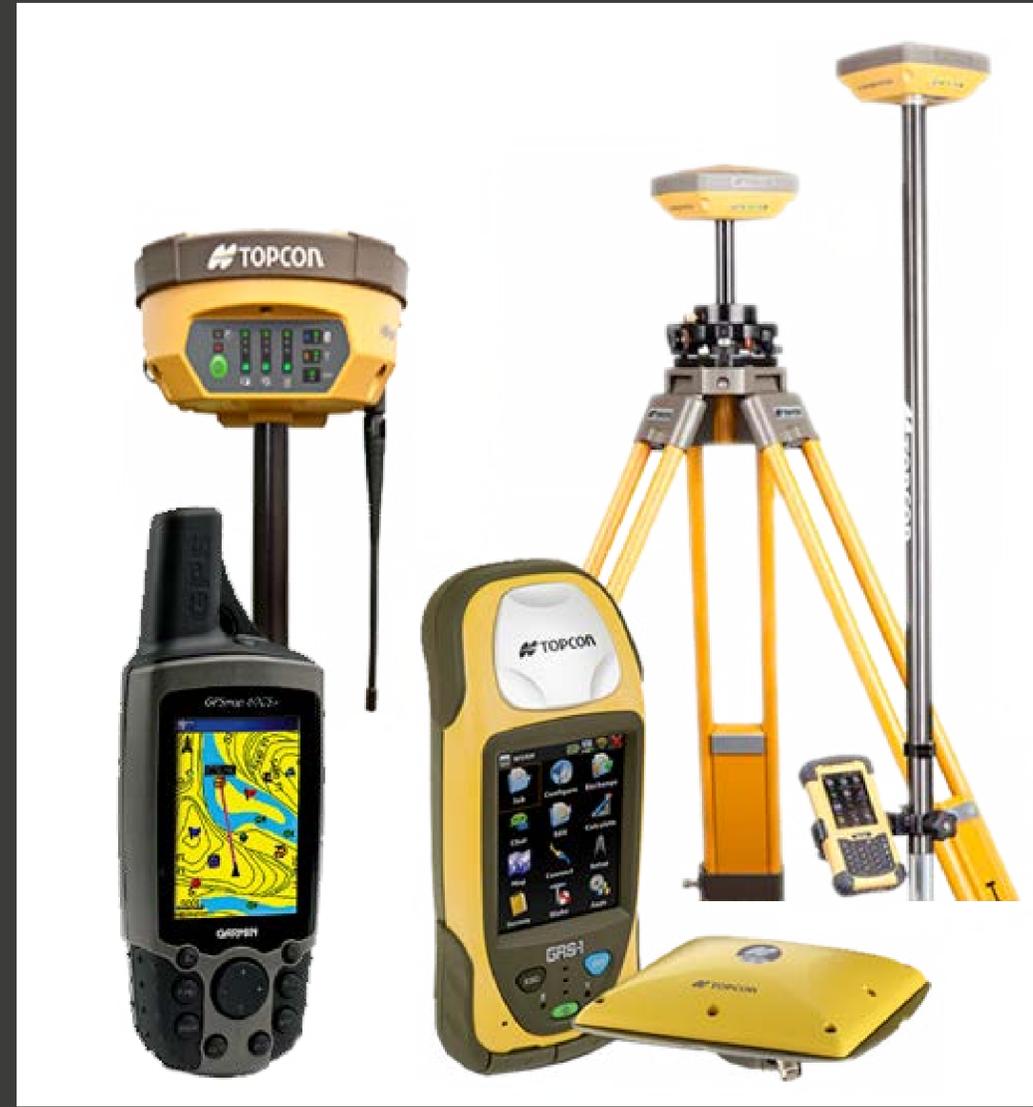
**Figura 13:** Exemplo de DOP: Representação de PDOP bom e ruim

Fonte: INDE.GOV

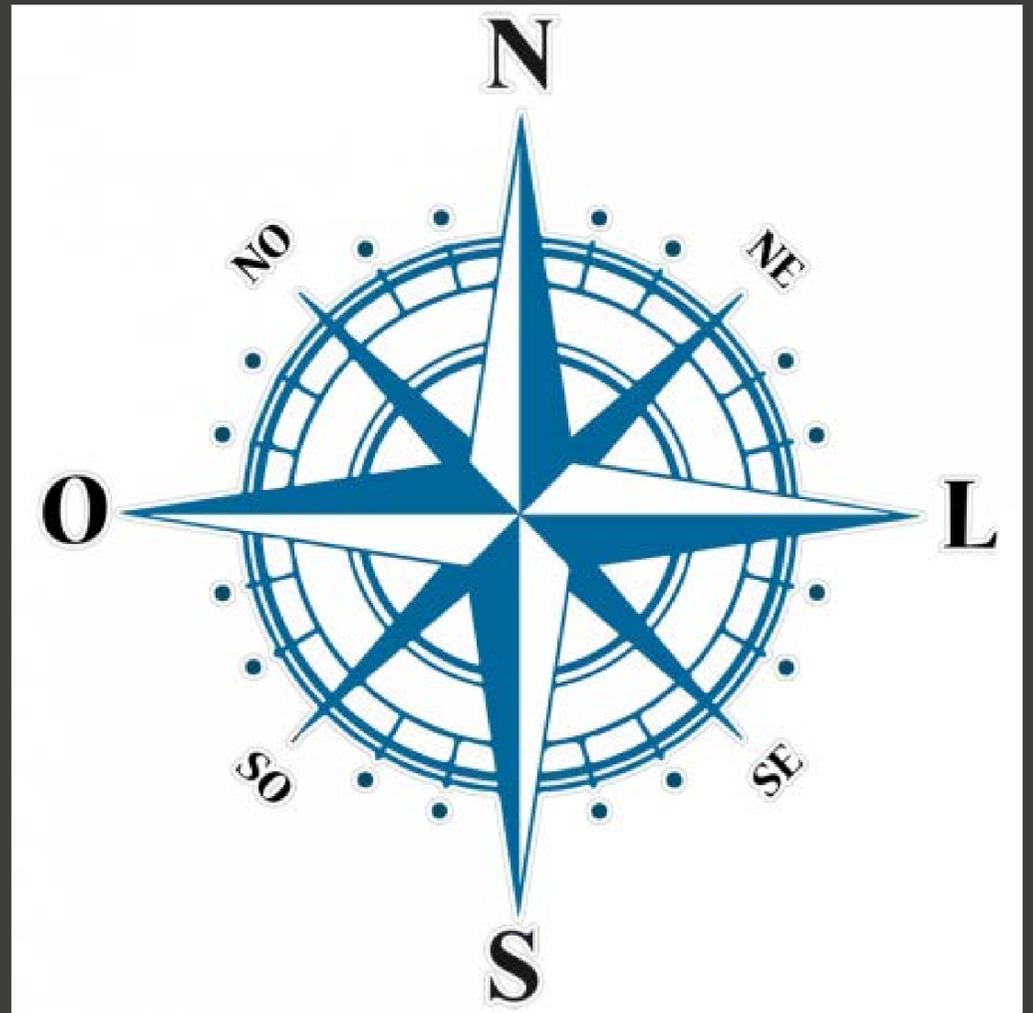


**Figura 14:** Posicionamento DGPS

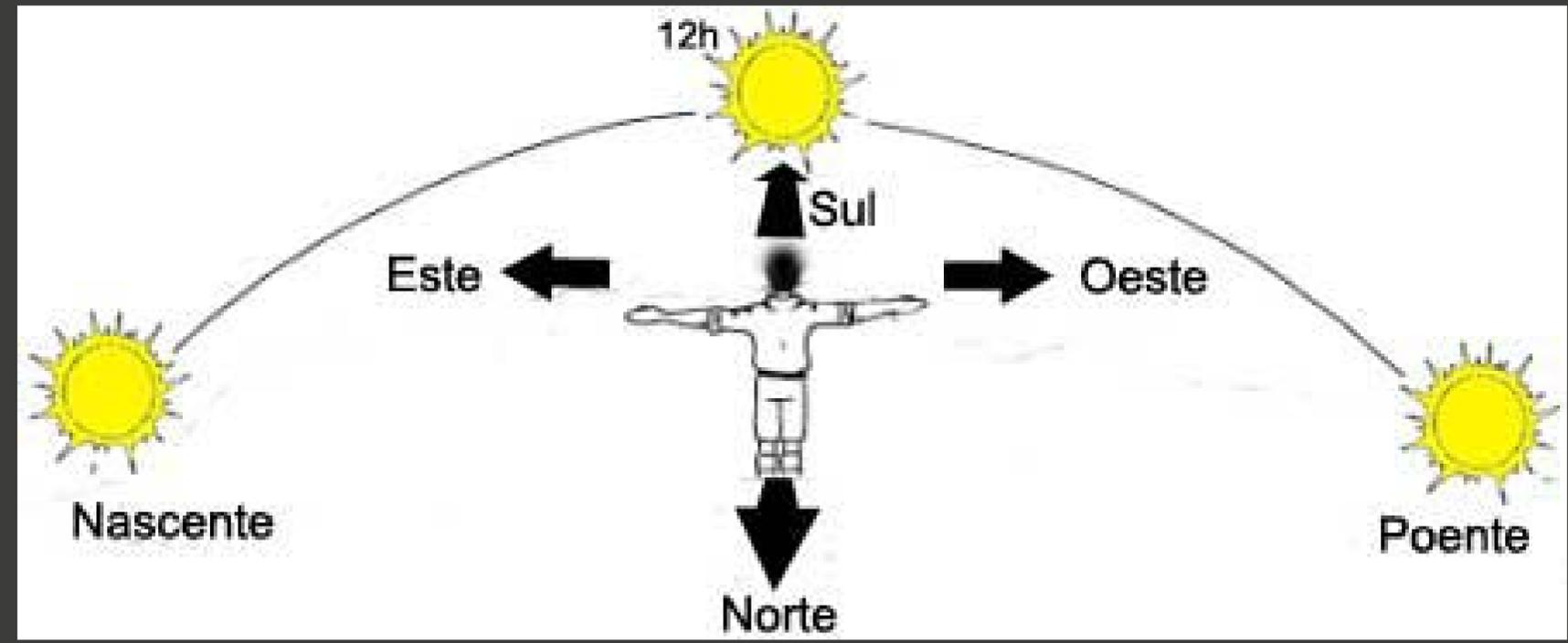
Fonte: Nota técnica: Posicionamento por satélites



**Figura 15:** Tipos de GPS  
Fonte: Cartografia Básica UFRRJ

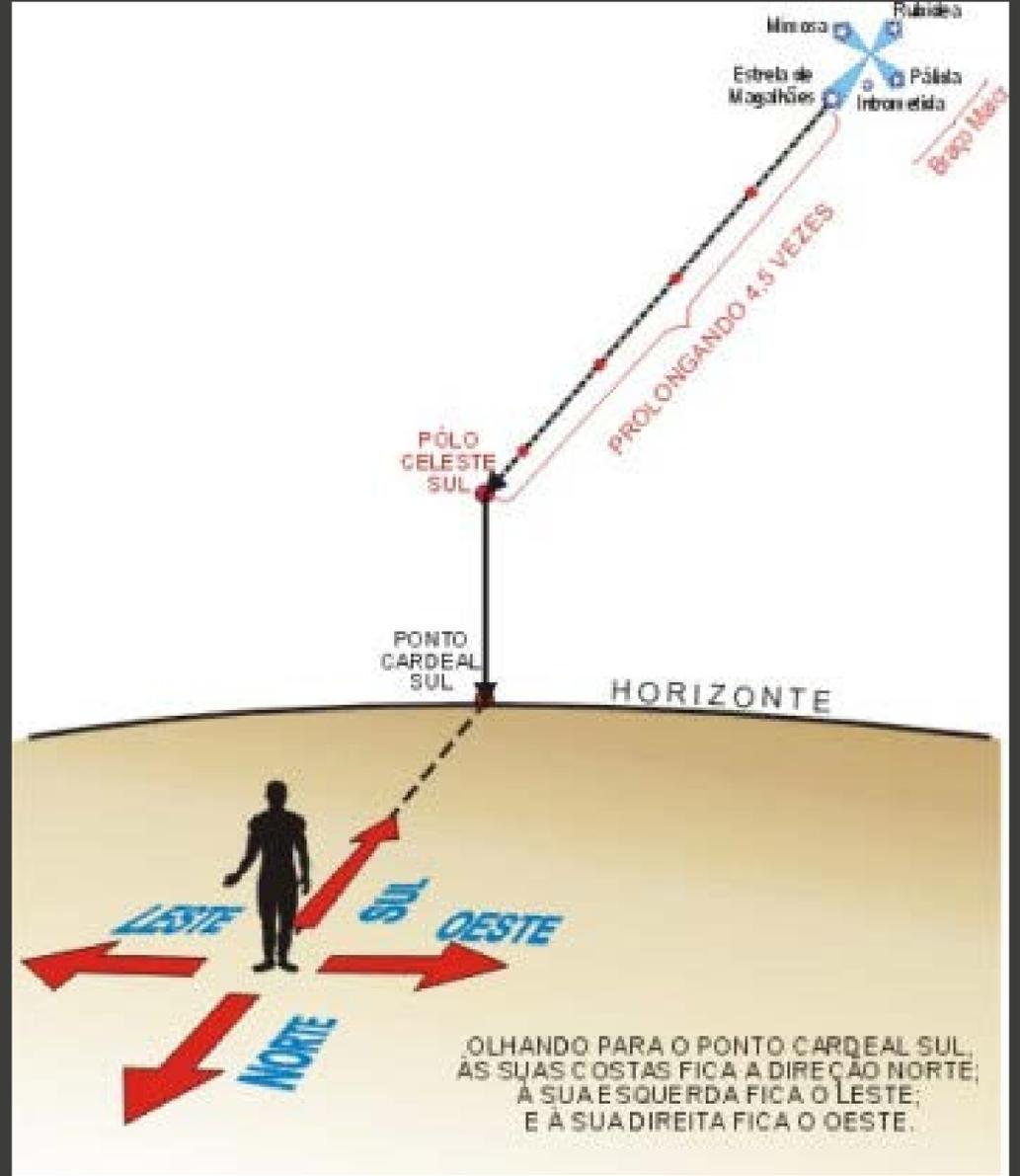


**Figura 16:** Representação da Rosa dos Ventos  
Fonte: Suportegeografico



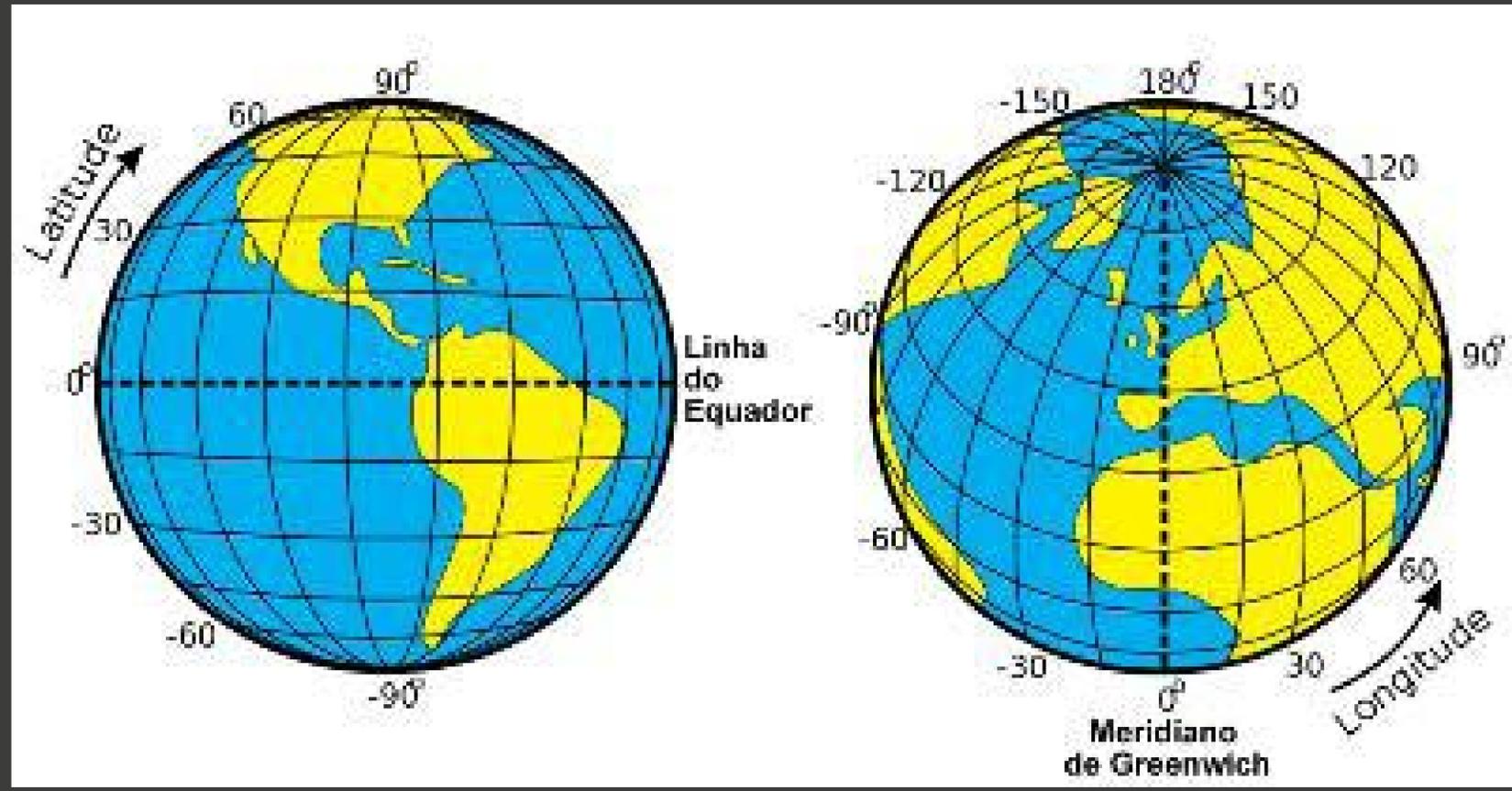
**Figura 17:** Esquema de orientação pelo Sol

Fonte: [Antoniocv.blogspot](http://Antoniocv.blogspot)



**Figura 18:** Sistema de orientação pelo Cruzeiro do Sul

Fonte: Astronomia Real



**Figura 19:** Representação do globo terrestre  
Fonte: Linesontheglobe.Jamaica Olazo



**Figura 20:** Representação de um mapa  
Fonte: Aprendendoporaícartografia



Figura 21: Representação de uma carta do Brasil

Fonte: IBGE

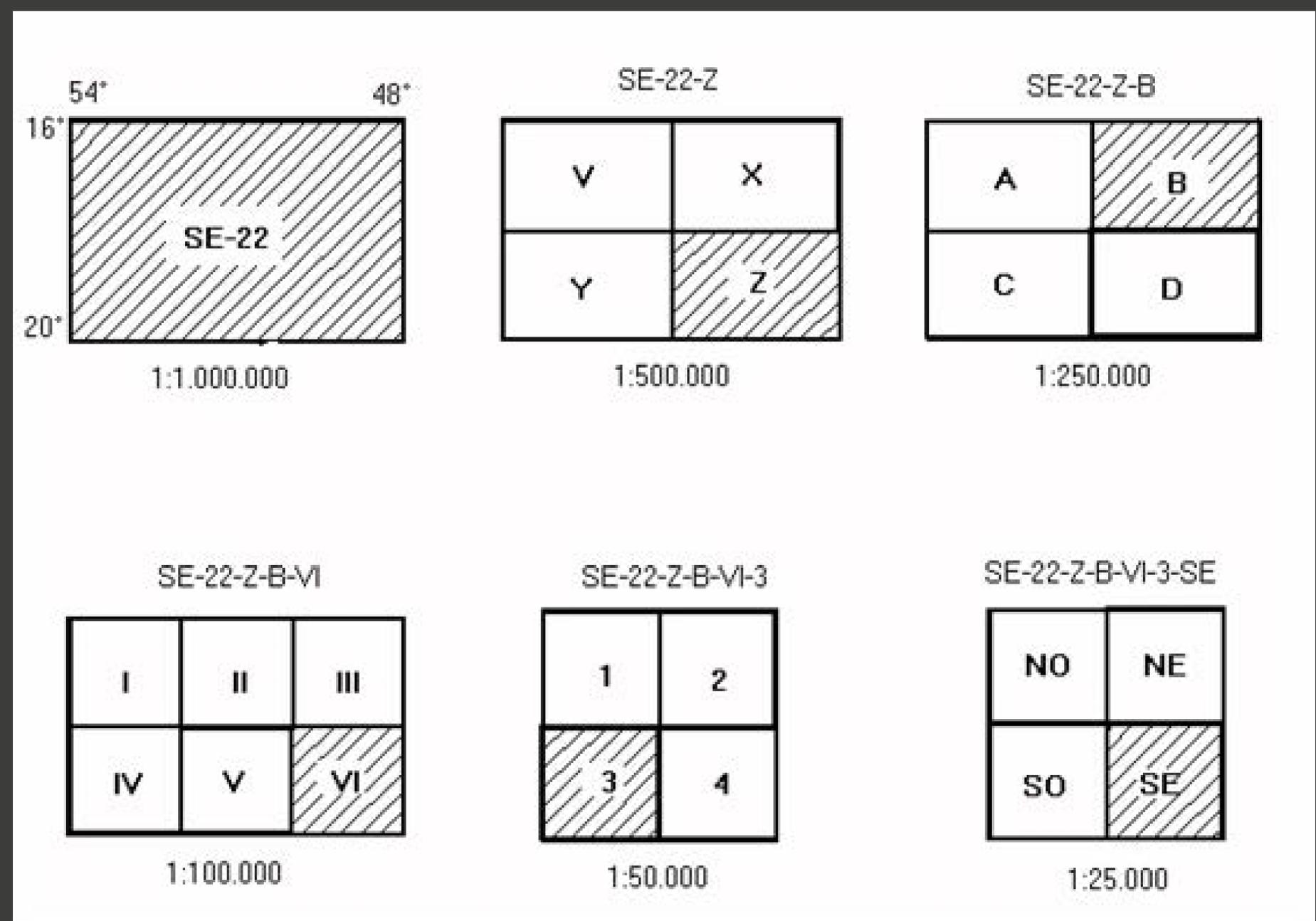
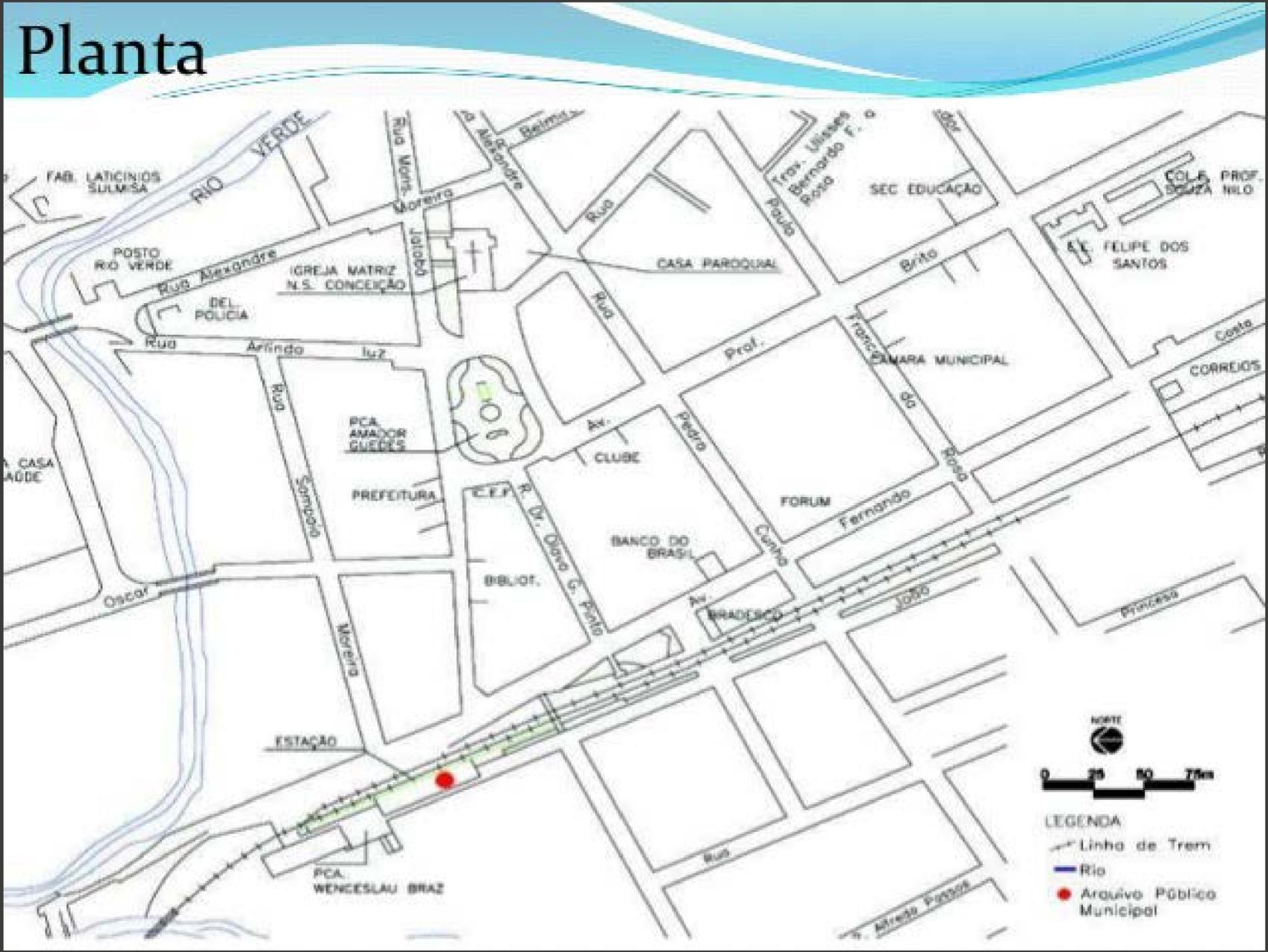
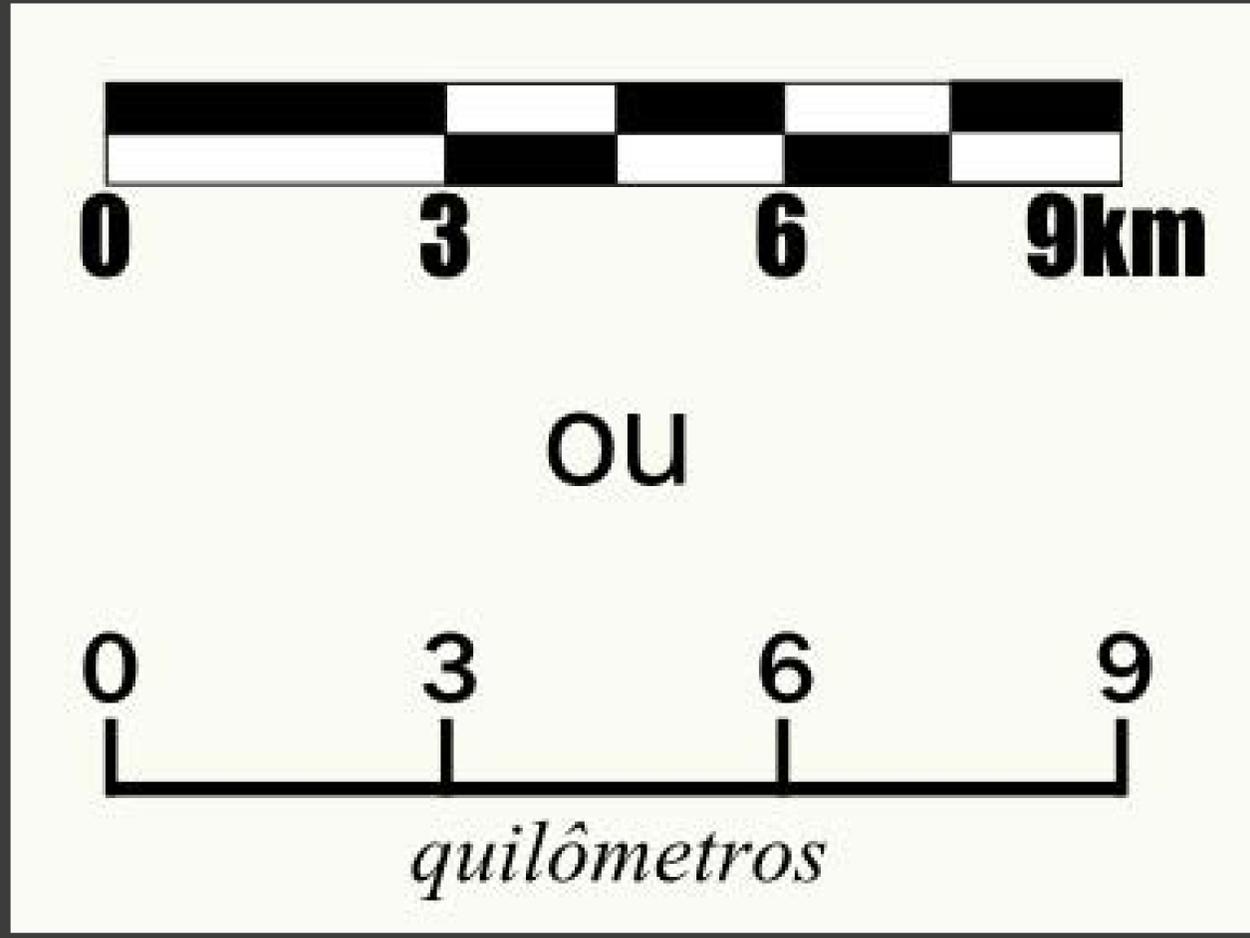


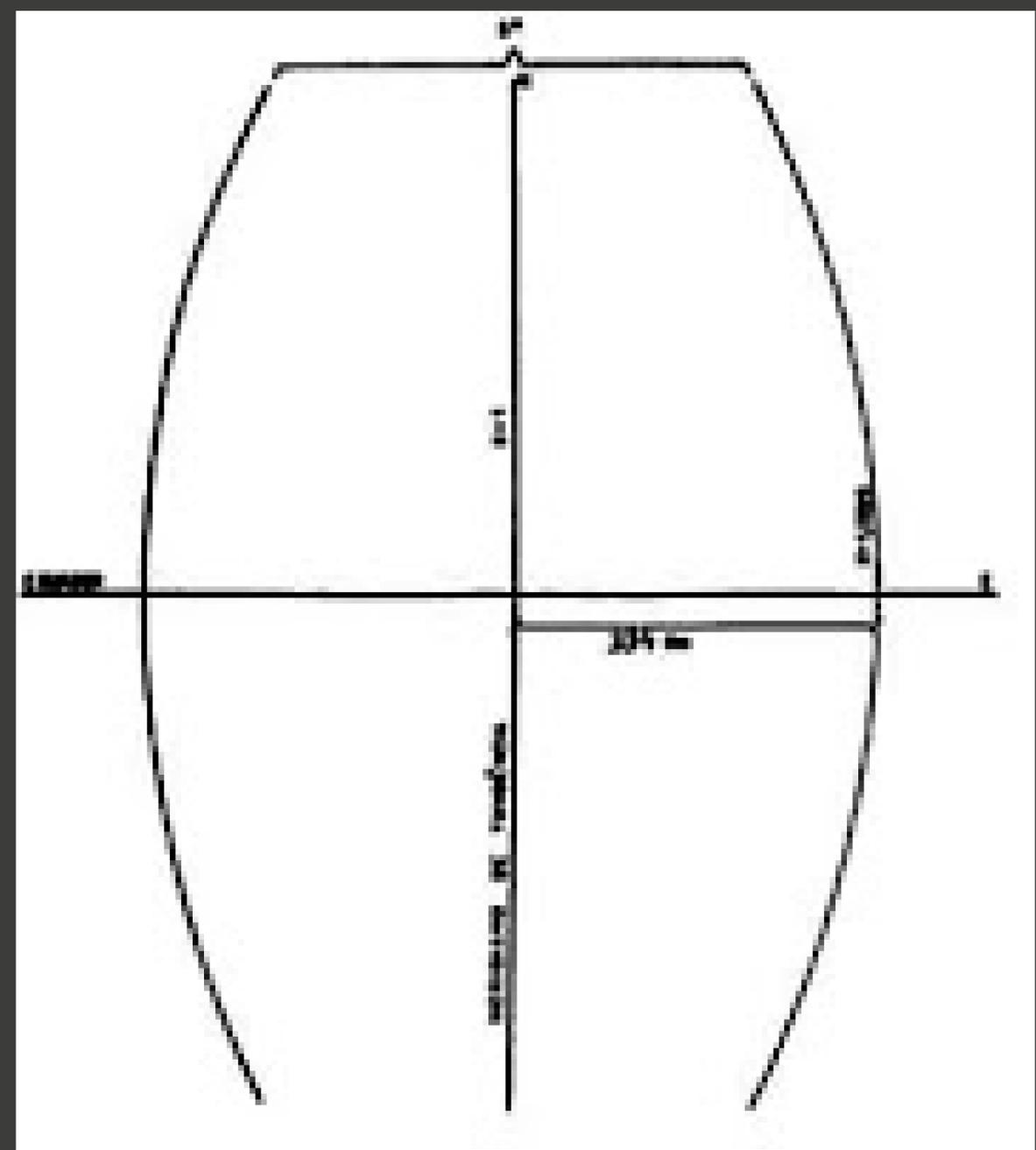
Figura 22: Articulação sistemáticas de folhas de cartas



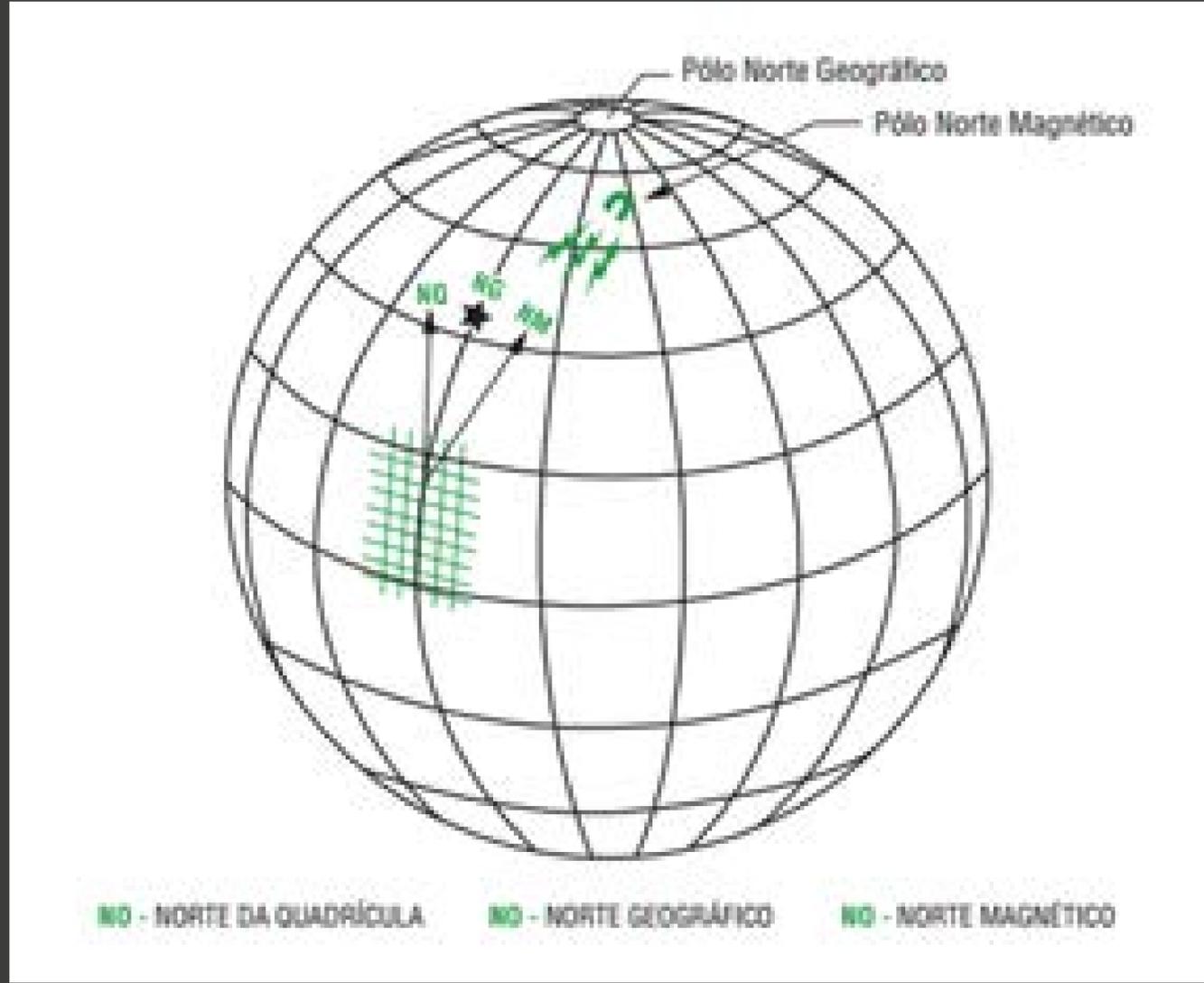
**Figura 23:** Representação de uma planta cartográfica  
Fonte: jrbaleixobloggeografia



**Figura 24:** Escala Gráfica  
Fonte: Alunosonline.uol

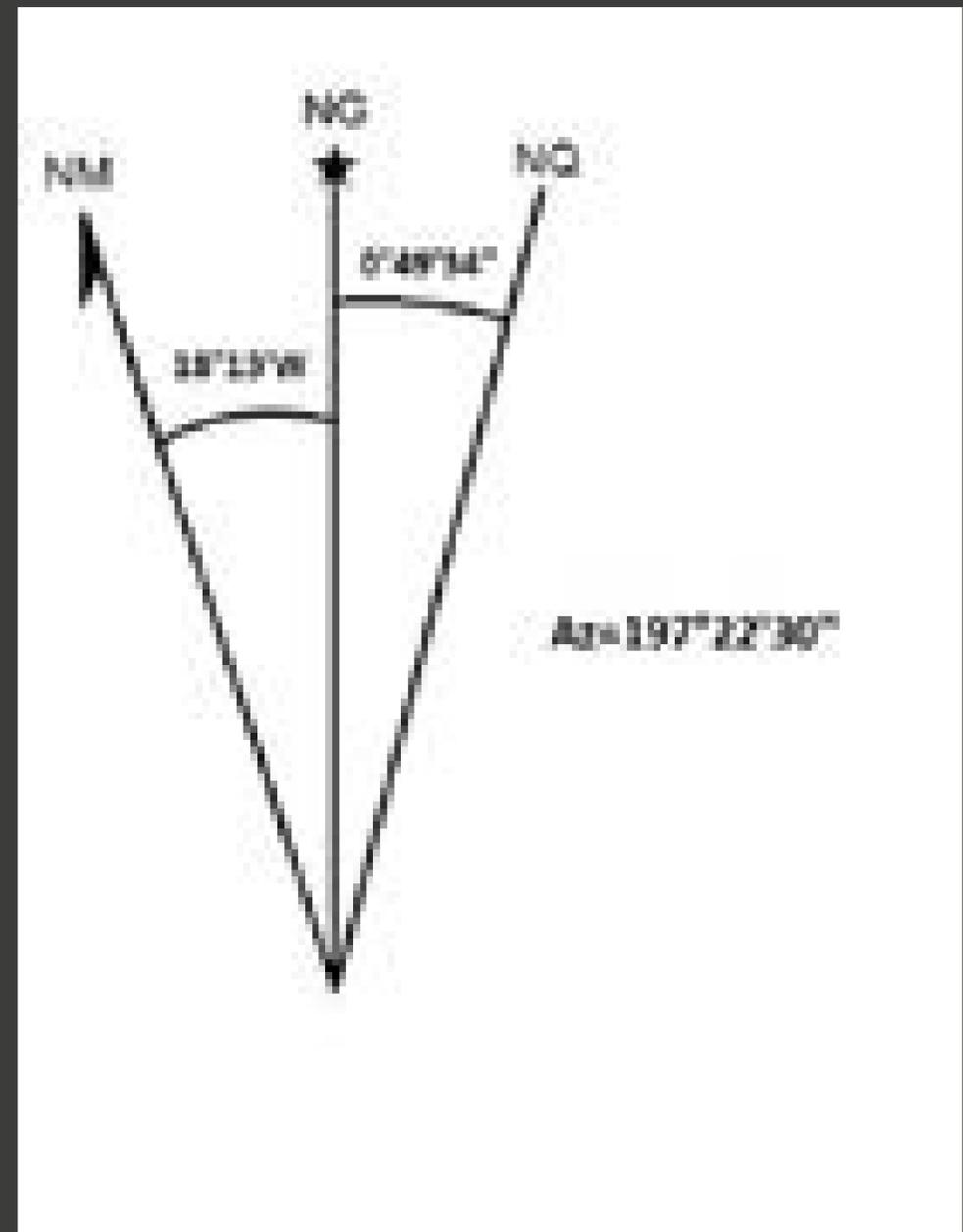


**Figura 25:** Fuso UTM  
Fonte: IBGE



**Figura 26:** Norte de quadrícula, norte geográfico e norte magnético

Fonte: IBGE



**Figura 27:** Convergência meridiana  
Fonte: IBGE

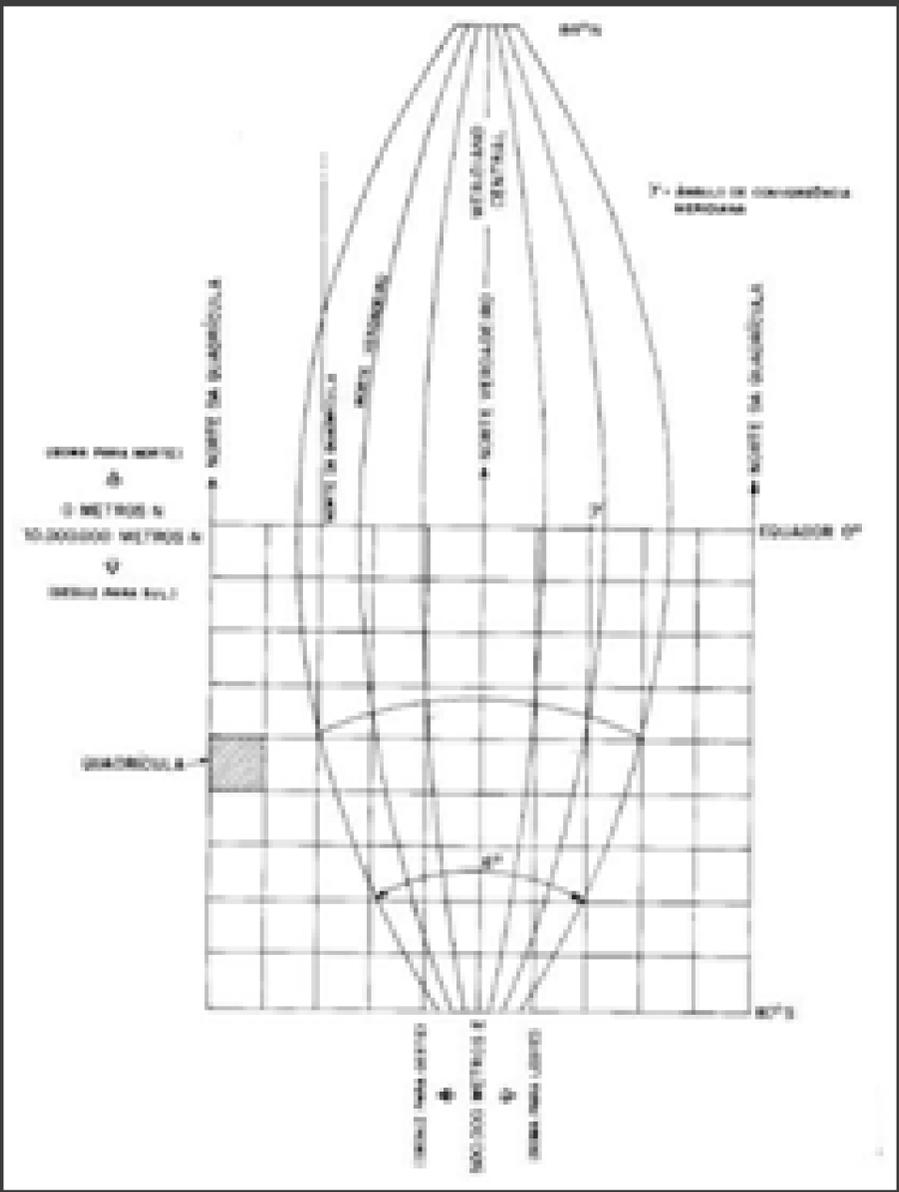


Figura 28: Origem das coordenadas UTM

Fonte: IBGE