

## Noções Básicas de Cartografia

### II - REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA

#### 1 - TIPOS DE REPRESENTAÇÃO

##### 1.1 - POR TRAÇO

**GLOBO** - representação cartográfica sobre uma superfície esférica, em escala pequena, dos aspectos naturais e artificiais de uma figura planetária, com finalidade cultural e ilustrativa.

**MAPA** (Características):

- representação plana;
- geralmente em escala pequena;
- área delimitada por acidentes naturais (bacias, planaltos, chapadas, etc.), político-administrativos;
- destinação a fins temáticos, culturais ou ilustrativos.

A partir dessas características pode-se generalizar o conceito:

**" Mapa é a representação no plano, normalmente em escala pequena, dos aspectos geográficos, naturais, culturais e artificiais de uma área tomada na superfície de uma Figura planetária, delimitada por elementos físicos, político-administrativos, destinada aos mais variados usos, temáticos, culturais e ilustrativos."**

**CARTA** (Características):

- representação plana;
- escala média ou grande;
- desdobramento em folhas articuladas de maneira sistemática;
- limites das folhas constituídos por linhas convencionais, destinada à avaliação precisa de direções, distâncias e localização de pontos, áreas e detalhes.

Da mesma forma que da conceituação de mapa, pode-se generalizar:

**" Carta 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."**

**PLANTA** - a planta é um caso particular de carta. A representação se restringe a uma área muito limitada e a escala é grande, consequentemente o nº de detalhes é bem maior.

**"Carta que representa uma área de extensão suficientemente restrita para que a sua curvatura não precise ser levada em consideração, e que, em consequência, a escala possa ser considerada constante."**

##### 1.2 - POR IMAGEM

**MOSAICO** - é o conjunto de fotos de uma determinada área, recortadas e montadas técnica e artisticamente, de forma a dar a impressão de que todo o conjunto é uma única fotografia. Classifica-se em:

- **controlado** - é obtido a partir de fotografias aéreas submetidas a processos específicos de correção de tal forma que a imagem resultante corresponda exatamente a imagem no instante da tomada da foto. Essas fotos são então montadas sobre uma prancha, onde se encontram plotados um conjunto de pontos que servirão de controle à precisão do mosaico. Os pontos lançados na prancha tem que ter o correspondente na imagem. Esse mosaico é de alta precisão.

- **não-controlado** - é preparado simplesmente através do ajuste de detalhes de fotografias adjacentes. Não existe controle de terreno e as fotografias não são corrigidas. Esse tipo de mosaico é de montagem rápida, mas não possui nenhuma precisão. Para alguns tipos de trabalho ele satisfaz plenamente.

- **semicontrolado** - são montados combinando-se características do mosaico controlado e do não controlado. Por exemplo, usando-se controle do terreno com fotos não corrigidas; ou fotos corrigidas, mas sem pontos de controle.

**FOTOCARTA** - é um mosaico controlado, sobre o qual é realizado um tratamento cartográfico (planimétrico).

**ORTOFOTOCARTA** - é uma ortofotografia - fotografia resultante da transformação de uma foto original, que é uma perspectiva central do terreno, em uma projeção ortogonal sobre um plano - complementada por símbolos, linhas e georreferenciada, com ou sem legenda, podendo conter informações planimétricas.

**ORTOFOTOMAPA** - é o conjunto de várias ortofotocartas adjacentes de uma determinada região.

**FOTOÍNDICE** - montagem por superposição das fotografias, geralmente em escala reduzida. É a primeira imagem cartográfica da região. O fotoíndice é insumo necessário para controle de qualidade de aerolevantamentos utilizados na produção de cartas através do método fotogramétrico. Normalmente a escala do fotoíndice é reduzida de 3 a 4 vezes em relação a escala de vôo.

**CARTA IMAGEM** - Imagem referenciada a partir de pontos identificáveis e com coordenadas conhecidas, superposta por reticulado da projeção, podendo conter simbologia e toponímia.

## 2 - ESCALA

### 2.1 - INTRODUÇÃO

Uma carta ou mapa é a representação convencional ou digital da configuração da superfície topográfica.

Esta representação consiste em projetarmos esta superfície, com os detalhes nela existentes, sobre um plano horizontal ou em arquivos digitais.

Os detalhes representados podem ser:

- **Naturais:** São os elementos existentes na natureza como os rios, mares, lagos, montanhas, serras, etc.
- **Artificiais:** São os elementos criados pelo homem como: represas, estradas, pontes, edificações, etc.

Uma carta ou mapa, dependendo dos seus objetivos, só estará completa se trazer esses elementos devidamente representados.

Esta representação gera dois problemas:

1º) A necessidade de reduzir as proporções dos acidentes à representar, a fim de tornar possível a representação dos mesmos em um espaço limitado.

Essa proporção é chamada de ESCALA

2º) Determinados acidentes, dependendo da escala, não permitem uma redução acentuada, pois tornar-se-iam imperceptíveis, no entanto são acidentes que por sua importância devem ser representados nos documentos cartográficos

**A solução é a utilização de símbolos cartográficos.**

### 2.2 - DEFINIÇÃO

Escala é a relação entre a medida de um objeto ou lugar representado no papel e sua medida real.

Duas figuras semelhantes têm ângulos iguais dois a dois e lados homólogos proporcionais.

Verifica-se portanto, que será sempre possível, através do desenho geométrico obter-se figuras semelhantes às do terreno.

Sejam:

**D** = um comprimento tomado no terreno, que denominar-se-á distância real natural.

**d** = um comprimento homólogo no desenho, denominado distância prática.

Como as linhas do terreno e as do desenho são homólogas, o desenho que representa o terreno é uma Figura semelhante a dele, logo, a razão ou relação de semelhança é a seguinte:

$$\frac{d}{D}$$

A esta relação denomina-se ESCALA.

Assim:

**Escala é definida como a relação existente entre as dimensões das linhas de um desenho e as suas homólogas.**

A relação **d/D** pode ser maior, igual ou menor que a unidade, dando lugar à classificação das escalas quanto a sua natureza, em três categorias:

- Na 1ª, ter-se-á **d > D**

- Na 2ª, ter-se-á **d = D**

- Na 3ª categoria, que é a usada em Cartografia, a distância gráfica é menor que a real, ou seja, **d < D**.

É a escala de projeção menor, empregada para reduções, em que as dimensões no desenho são menores que as naturais ou do modelo.

### 2.3 - ESCALA NUMÉRICA

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

$$E = \frac{1}{N} \quad \text{onde} \quad N = \frac{D}{d}$$

$$\text{Logo, } E = \frac{1}{\frac{D}{d}} \Rightarrow \boxed{E = \frac{d}{D}}$$

Sendo:

E = escala  
 N = denominador da escala  
 d = distância medida na carta  
 D = distância real (no terreno)

As escalas mais comuns têm para numerador a unidade e para denominador, um múltiplo de 10.

$$E = \frac{1}{10 X}$$

$$\text{Ex: } E = \frac{1}{25.000} \quad \text{ou} \quad E = 1:25.000$$

Isto significa que 1cm na carta corresponde a 25.000 cm ou 250 m, no terreno.

OBS: Uma escala é tanto maior quanto menor for o denominador.

Ex: 1:50.000 é maior que 1:100.000

#### 2.3.1 - PRECISÃO GRÁFICA

É a menor grandeza medida no terreno, capaz de ser representada em desenho na mencionada Escala.

A experiência demonstrou que 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 admissível.

Fixado esse limite prático, pode-se determinar o erro tolerável nas medições cujo desenho deve ser feito em determinada escala. O erro de medição permitido será calculado da seguinte forma:

$$\text{Seja: } E = \frac{1}{M} \quad \boxed{e_m = 0,0002 \text{ metro} \times M}$$

Sendo  $e_m$  = erro tolerável em metros

O erro tolerável, portanto, varia na razão direta do denominador da escala e inversa da escala, ou seja, quanto menor for a escala, maior será o erro admissível.

Os acidentes cujas dimensões forem menores que os valores dos erros de tolerância, não serão representados graficamente. Em muitos casos é necessário utilizar-se convenções cartográficas, cujos símbolos irão ocupar no desenho, dimensões independentes da escala.

#### 2.3.2 - ESCOLHA DE ESCALAS

Da fórmula:

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

tira-se:

$$M = \frac{e_m}{0,0002}$$

Considerando uma região da superfície da Terra que se queira mapear e que possua muitos acidentes de 10m de extensão, a menor escala que se deve adotar para que esses acidentes tenham representação será:

$$M = \frac{10\text{m}}{0,0002 \text{ m}} = \frac{100.000}{2} = 50.000$$

A escala adotada deverá ser igual ou maior que 1:50.000

Na escala 1:50.000, o erro prático (0,2 mm ou 1/5 mm) corresponde a 10 m no terreno. Verifica-se então que multiplicando 10 x 5.000 encontrar-se-á 50.000, ou seja, o denominador da escala mínima para que os acidentes com 10m de extensão possam ser representadas.

## 2.4 - ESCALA GRÁFICA

É a representação gráfica de várias distâncias do terreno sobre uma linha reta graduada.

É constituída de um segmento à direita da referência zero, conhecida como escala primária.

Consiste também de um segmento à esquerda da origem denominada de Talão ou escala de fracionamento, que é dividido em sub-múltiplos da unidade escolhida graduadas da direita para a esquerda.

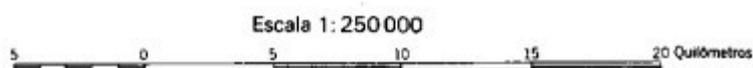
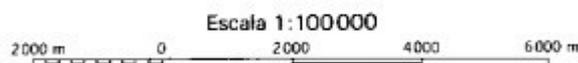
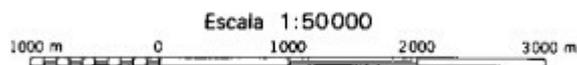
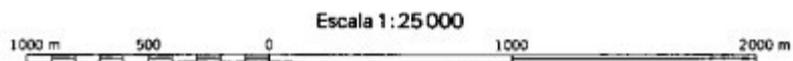
A Escala Gráfica nos permite realizar as transformações de dimensões gráficas em dimensões reais sem efetuarmos cálculos. Para sua construção, entretanto, torna-se necessário o emprego da escala numérica.

O seu emprego consiste nas seguintes operações:

1º) Tomamos na carta a distância que pretendemos medir (pode-se usar um compasso).

2º) Transportamos essa distância para a Escala Gráfica.

3º) Lemos o resultado obtido.



## 2.5 - MUDANÇAS DE ESCALA

Muitas vezes, durante o transcorrer de alguns trabalhos cartográficos, faz-se necessário unir cartas ou mapas em escalas diferentes a fim de compatibilizá-los em um único produto. Para isso é necessário reduzir alguns e ampliar outros.

Para transformação de escala existem alguns métodos:

- Quadriculado

- Triângulos semelhantes

- Pantógrafo: Paralelograma articulado tendo em um dos pólos uma ponta seca e no outro um lápis, o qual vai traçar a redução ou ampliação do detalhe que percorremos com a ponta seca.

- Fotocartográfico: Através de uma câmara fotogramétrica de precisão, na qual podemos efetuar regulagens que permitem uma redução ou ampliação em proporções rigorosas. Tem como vantagem a precisão e rapidez.

- Digital: por ampliação ou redução em meio digital diretamente.

Como em cartografia trabalha-se com a maior precisão possível, só os métodos fotocartográfico e digital devem ser utilizados, ressaltando que a ampliação é muito mais susceptível de erro do que a redução, no entanto reduções grandes poderão gerar a fusão de linhas e demais componentes de uma carta (coalescência) que deverão ser retiradas.

## **2.6 - ESCALA DE ÁREA**

A escala numérica refere-se a medidas lineares. Ela indica quantas vezes foi ampliada ou reduzida uma distância.

Quando nos referimos à superfície usamos a escala de área, podendo indicar quantas vezes foi ampliada ou reduzida uma área.

Enquanto a distância em uma redução linear é indicada pelo denominador da fração, a área ficará reduzida por um número de vezes igual ao quadrado do denominador dessa fração.

## **3 - PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS**

A confecção de uma carta exige, antes de tudo, o estabelecimento de um método, segundo o qual, a cada ponto da superfície da Terra corresponda um ponto da carta e vice-versa.

Diversos métodos podem ser empregados para se obter essa correspondência de pontos, constituindo os chamados "sistemas de projeções".

A teoria das projeções compreende o estudo dos diferentes sistemas em uso, incluindo a exposição das leis segundo as quais se obtêm as interligações dos pontos de uma superfície (Terra) com os da outra (carta).

São estudados também os processos de construção de cada tipo de projeção e sua seleção, de acordo com a finalidade em vista.

O problema básico das projeções cartográficas é a representação de uma superfície curva em um plano. Em termos práticos, o problema consiste em se representar a Terra em um plano. Como vimos, a forma de nosso planeta é representada, para fins de mapeamento, por um elipsóide (ou por uma esfera, conforme seja a aplicação desejada) que é considerada a superfície de referência a qual estão relacionados todos os elementos que desejamos representar (elementos obtidos através de determinadas tipos de levantamentos).

Podemos ainda dizer que não existe nenhuma solução perfeita para o problema, e isto pode ser rapidamente compreendido se tentarmos fazer coincidir a casca de uma laranja com a superfície plana de uma mesa. Para alcançar um contato total entre as duas superfícies, a casca de laranja teria que ser distorcida. Embora esta seja uma simplificação grosseira do problema das projeções cartográficas, ela expressa claramente a impossibilidade de uma solução perfeita (projeção livre de deformações). Poderíamos então, questionar a validade deste modelo de representação já que seria possível construir representações tridimensionais do elipsóide ou da esfera, como é o caso do globo escolar, ou ainda expressá-lo matematicamente, como fazem os geodestas. Em termos teóricos esta argumentação é perfeitamente válida e o desejo de se obter uma representação sobre uma superfície plana é de mera conveniência. Existem algumas razões que justificam esta postura, e as mais diretas são: o mapa plano é mais fácil de ser produzido e manuseado.

Podemos dizer que todas as representações de superfícies curvas em um plano envolvem: "extensões" ou "contrações" que resultam em distorções ou "rasgos". Diferentes técnicas de representação são aplicadas no sentido de se alcançar resultados que possuam certas propriedades favoráveis para um propósito específico.

A construção de um sistema de projeção será escolhido de maneira que a carta venha a possuir propriedades que satisfaçam as finalidades impostas pela sua utilização.

O ideal seria construir uma carta que reunisse todas as propriedades, representando uma superfície rigorosamente semelhante à superfície da Terra. Esta carta deveria possuir as seguintes propriedades:

1- Manutenção da verdadeira forma das áreas a serem representadas (conformidade).

2- Inalterabilidade das áreas (equivalência).

3- Constância das relações entre as distâncias dos pontos representados e as distâncias dos seus correspondentes (equidistância).

Essas propriedades seriam facilmente conseguidas se a superfície da Terra fosse plana ou uma superfície desenvolvível. Como tal não ocorre, torna-se impossível a construção da carta ideal, isto é, da carta que reunisse todas as condições desejadas

A solução será, portanto, construir uma carta que, sem possuir todas as condições ideais, possua aquelas que satisfaçam a

determinado objetivo. Assim, é necessário ao se fixar o sistema de projeção escolhido considerar a finalidade da carta que se quer construir.

Em Resumo:

As representações cartográficas são efetuadas, na sua maioria, sobre uma superfície plana (Plano de Representação onde se desenha o mapa). O problema básico consiste em relacionar pontos da superfície terrestre ao plano de representação. Isto compreende as seguintes etapas:

1º) Adoção de um modelo matemático da terra (Geóide) simplificado. Em geral, esfera ou elipsóide de revolução;

2º) Projetar todos os elementos da superfície terrestre sobre o modelo escolhido. (Atenção: tudo o que se vê num mapa corresponde à superfície terrestre projetada sobre o nível do mar aproximadamente);

3º) Relacionar por processo projetivo ou analítico pontos do modelo matemático com o plano de representação escolhendo-se uma escala e sistema de coordenadas.

Antes de entrarmos nas técnicas de representação propriamente ditas, introduziremos alguns Sistemas de Coordenadas utilizados na representação cartográfica.

### 3.1 - SISTEMAS DE COORDENADAS

#### 3.1.1 - CONSTRUÇÃO DO SISTEMA DE COORDENADAS

Os sistemas de coordenadas são necessários para expressar a posição de pontos sobre uma superfície, seja ela um elipsóide, esfera ou um plano. É com base em determinados sistemas de coordenadas que descrevemos geometricamente a superfície terrestre nos levantamentos referidos no capítulo I. Para o elipsóide, ou esfera, usualmente empregamos um sistema de coordenadas cartesiano e curvilíneo (PARALELOS e MERIDIANOS). Para o plano, um sistema de coordenadas cartesianas X e Y é usualmente aplicável.

Para amarrar a posição de um ponto no espaço necessitamos ainda complementar as coordenadas bidimensionais que apresentamos no parágrafo anterior, com uma terceira coordenada que é denominada ALTITUDE. A altitude de um ponto qualquer está ilustrada na fig .2.1-a, onde o primeiro tipo (**h**) é a distância contada a partir do geóide (que é a superfície de referência para contagem das altitudes) e o segundo tipo (**H**), denominado ALTITUDE GEOMÉTRICA é contada a partir da superfície do elipsóide.

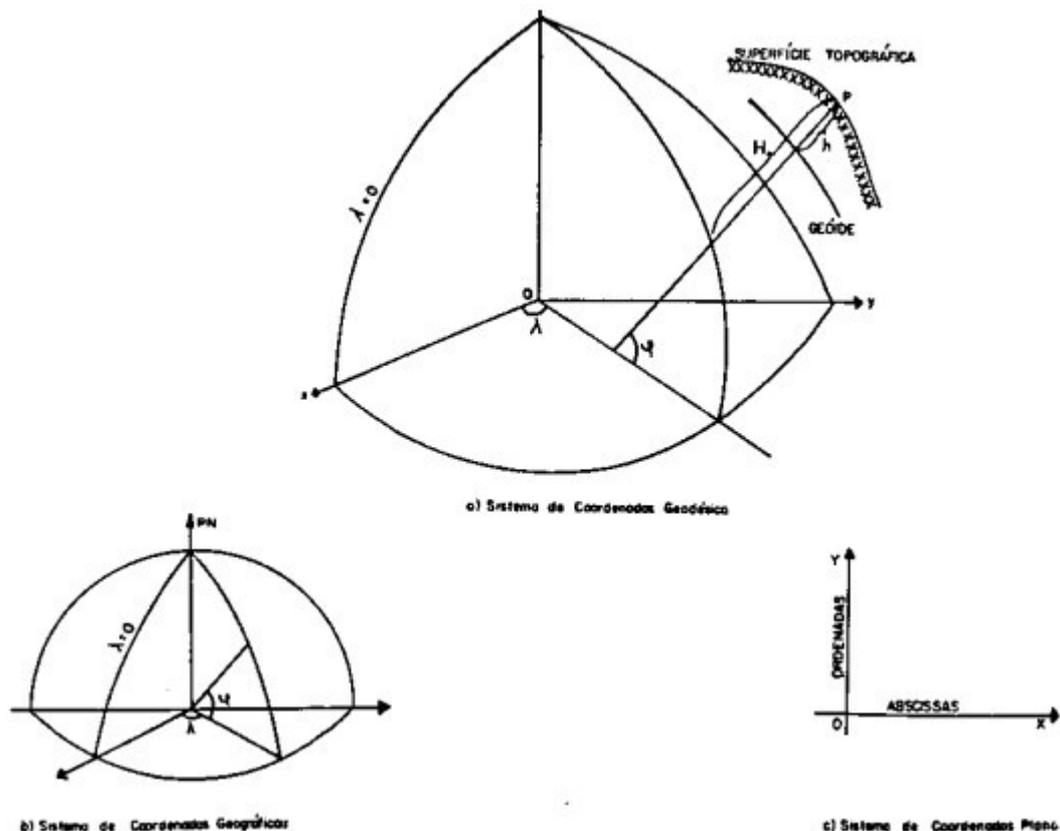


Figura 2.1- Sistemas de coordenadas

#### 3.1.2 - MERIDIANOS E PARALELOS

MERIDIANOS - São círculos máximos que, em consequência, cortam a TERRA em duas partes iguais de pólo a pólo. Sendo assim, todos os meridianos se cruzam entre si, em ambos os pólos. O meridiano de origem é o de GREENWICH ( $0^\circ$ ). (2)

PARALELOS - São círculos que cruzam os meridianos perpendicularmente, isto é, em ângulos retos. Apenas um é um círculo máximo, o Equador (0°). Os outros, tanto no hemisfério Norte quanto no hemisfério Sul, vão diminuindo de tamanho à proporção que se afastam do Equador, até se transformarem em cada pólo, num ponto (90°). (Figura 2.2)

a) no elipsóide de revolução

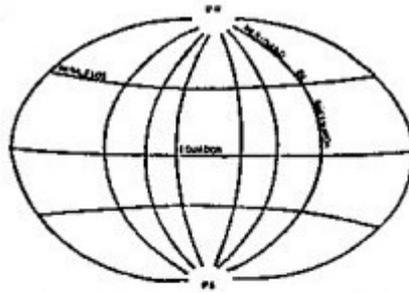
PN

PS - Pólo Sul

-

Pólo

Norte



b) na esfera

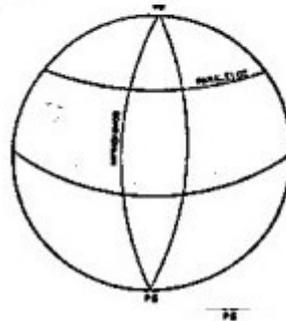


Figura 2.2 - Paralelos e Meridianos

(2) Meridiano Internacional de Referência, escolhido em Bonn, Alemanha, durante a Conferência Técnica das Nações Unidas para a Carta Internacional do Mundo ao milionésimo, como origem da contagem do meridiano.

### 3.1.3 - LATITUDE E LONGITUDE

#### 3.1.3.1. - A TERRA COMO REFERÊNCIA (Esfera)

##### LATITUDE GEOGRÁFICA ( j )

É o arco contado sobre o meridiano do lugar e que vai do Equador até o lugar considerado.

A latitude quando medida no sentido do pólo Norte é chamada Latitude Norte ou Positiva. Quando medida no sentido Sul é chamada Latitude Sul ou Negativa.

Sua variação é de: 0° a 90° N ou 0° a + 90°; 0° a 90° S ou 0° a - 90°

##### LONGITUDE GEOGRÁFICA ( l )

É o arco contado sobre o Equador e que vai de GREENWICH até o Meridiano do referido lugar.

A Longitude pode ser contada no sentido Oeste, quando é chamada LONGITUDE OESTE DE GREENWICH (W Gr.) ou NEGATIVA. Se contada no sentido Este, é chamada LONGITUDE ESTE DE GREENWICH (E Gr.) ou POSITIVA.

A Longitude varia de: 0° a 180° W Gr. ou 0° a - 180°; 0° a 180° E Gr. ou 0° a + 180° .

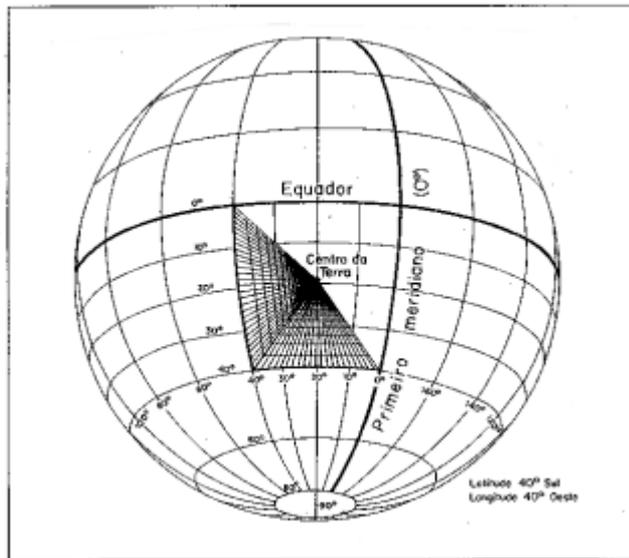


Figura 2.3 - Latitude e Longitude

### 3.1.3.2. - O ELIPSÓIDE COMO REFERÊNCIA

#### LATITUDE GEODÉSICA ( $j$ )

É o ângulo formado pela normal ao elipsóide de um determinado ponto e o plano do Equador.

#### LONGITUDE GEODÉSICA ( $l$ )

É o ângulo formado pelo plano meridiano do lugar e o plano meridiano tomado como origem (GREENWICH). (Figura 2.1.a)

### 3.2 - CLASSIFICAÇÃO DAS PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS

Quanto ao método	Geométricas
	Analíticas
Quanto à superfície de projeção	Planas (AZIMUTAIS)
	Cônicas
	Cilíndricas
	Poli-superficiais
Quanto às propriedades	Equidistantes
	Conformes
	Equivalentes
	Afiláticas
Quanto ao tipo de contato entre as superfícies de projeção e referências	Tangentes
	Secantes

#### 3.2.1 - QUANTO AO MÉTODO

**a) Geométricas** - baseiam-se em princípios geométricos projetivos. Podem ser obtidos pela interseção, sobre a superfície de projeção, do feixe de retas que passa por pontos da superfície de referência partindo de um centro perspectivo (ponto de vista).

**b) Analíticas** - baseiam-se em formulação matemática obtidas com o objetivo de se atender condições (características) previamente estabelecidas (é o caso da maior parte das projeções existentes).

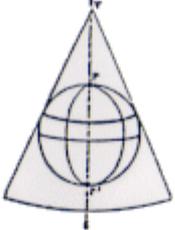
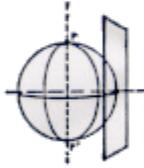
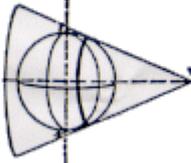
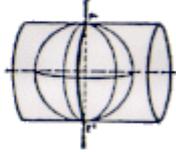
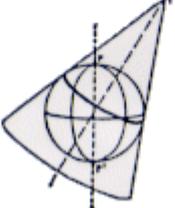
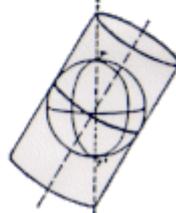
#### 3.2.2 - QUANTO À SUPERFÍCIE DE PROJEÇÃO

**a) Planas** - este tipo de superfície pode assumir três posições básicas em relação a superfície de referência: polar, equatorial e oblíqua (ou horizontal) (Figura 2.4).

**b) Cônicas** - embora esta não seja uma superfície plana, já que a superfície de projeção é o cone, ela pode ser desenvolvida em um plano sem que haja distorções (Figura 2.5), e funciona como superfície auxiliar na obtenção de uma representação. A sua posição em relação à superfície de referência pode ser: normal, transversal e oblíqua (ou horizontal) (Figura 2.4).

**c) Cilíndricas** - tal qual a superfície cônica, a superfície de projeção que utiliza o cilindro pode ser desenvolvida em um plano (Figura 2.5) e suas possíveis posições em relação a superfície de referência podem ser: equatorial, transversal e oblíqua (ou horizontal) (Figura 2.4).

**d) Polissuperficiais** - se caracterizam pelo emprego de mais do que uma superfície de projeção (do mesmo tipo) para aumentar o contato com a superfície de referência e, portanto, diminuir as deformações (plano-poliédrica ; cone-policônica ; cilindro-policilíndrica).

PLANAS	CÔNICAS	CILINDRICAS
 <p><b>POLAR</b> – plano tangente no pólo</p>	 <p><b>NORMAL</b> – eixo do cone paralelo ao eixo da Terra</p>	 <p><b>EQUATORIAL</b> – eixo do cilindro paralelo ao eixo da Terra</p>
 <p><b>EQUATORIAL</b> – plano tangente no equador</p>	 <p><b>TRANSVERSA</b> – eixo do cone perpendicular ao eixo da Terra</p>	 <p><b>TRANSVERSA</b> – eixo do cilindro perpendicular ao eixo da Terra</p>
 <p><b>HORIZONTAL</b> – plano tangente em um ponto qualquer</p>	 <p><b>HORIZONTAL</b> – eixo do cone inclinado em relação ao eixo da Terra</p>	 <p><b>HORIZONTAL</b> – eixo do cilindro inclinado em relação ao eixo da Terra</p>

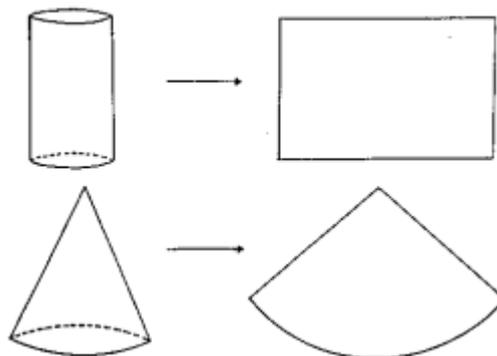


Figura .2.5 - Superfícies de Projeção desenvolvidas em um plano.

### 3.2.3 - QUANTO ÀS PROPRIEDADES

Na impossibilidade de se desenvolver uma superfície esférica ou elipsóidica sobre um plano sem deformações, na prática, buscam-se projeções tais que permitam diminuir ou eliminar parte das deformações conforme a aplicação desejada. Assim, destacam-se:

**a) Eqüidistantes** - As que não apresentam deformações lineares para algumas linhas em especial, isto é, os comprimentos são representados em escala uniforme.

**b) Conformes** - Representam sem deformação, todos os ângulos em torno de quaisquer pontos, e decorrentes dessa propriedade, não deformam pequenas regiões.

**c) Equivalentes** - Têm a propriedade de não alterarem as áreas, conservando assim, uma relação constante com as suas correspondentes na superfície da Terra. Seja qual for a porção representada num mapa, ela conserva a mesma relação com a área de todo o mapa.

**d) Afiláticas** - Não possui nenhuma das propriedades dos outros tipos, isto é, equivalência, conformidade e equidistância, ou seja, as projeções em que as áreas, os ângulos e os comprimentos não são conservados.

As propriedades acima descritas são básicas e mutuamente exclusivas. Elas ressaltam mais uma vez que não existe uma representação ideal, mas apenas a melhor representação para um determinado propósito.

### 3.2.4 - QUANTO AO TIPO DE CONTATO ENTRE AS SUPERFÍCIES DE PROJEÇÃO E REFERÊNCIA

**a) Tangentes** - a superfície de projeção é tangente à de referência (plano- um ponto; cone e cilindro- uma linha).

**b) Secantes** - a superfície de projeção secciona a superfície de referência (plano- uma linha; cone- duas linhas desiguais; cilindro- duas linhas iguais) (Figura 2.6).

Através da composição das diferentes características apresentadas nesta classificação das projeções cartográficas, podemos especificar representações cartográficas cujas propriedades atendam as nossas necessidades em cada caso específico.

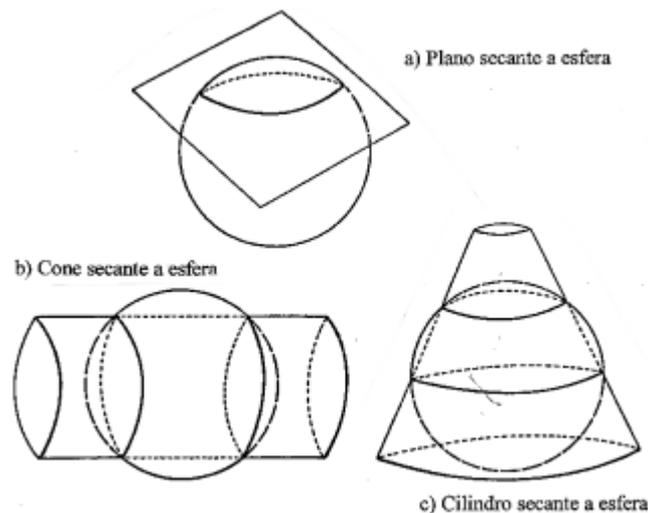


Figura 2.6 - Superfícies de projeção secantes

## 3.3 - PROJEÇÕES MAIS USUAS E SUAS CARACTERÍSTICAS

### 3.3.1 - PROJEÇÃO POLICÔNICA

- Superfície de representação: diversos cones

- Não é conforme nem equivalente (só tem essas características próxima ao Meridiano Central).

- O Meridiano Central e o Equador são as únicas retas da projeção. O MC é dividido em partes iguais pelos paralelos e não apresenta deformações.

- Os paralelos são círculos não concêntricos (cada cone tem seu próprio ápice) e não apresentam deformações.

- Os meridianos são curvas que cortam os paralelos em partes iguais.

- Pequena deformação próxima ao centro do sistema, mas aumenta rapidamente para a periferia.

- **Aplicações**: Apropriada para uso em países ou regiões de extensão predominantemente Norte-Sul e reduzida extensão Este-Oeste.

É muito popular devido à simplicidade de seu cálculo pois existem tabelas completas para sua construção.

É amplamente utilizada nos EUA.

No BRASIL é utilizada em mapas da série Brasil, regionais, estaduais e temáticos.

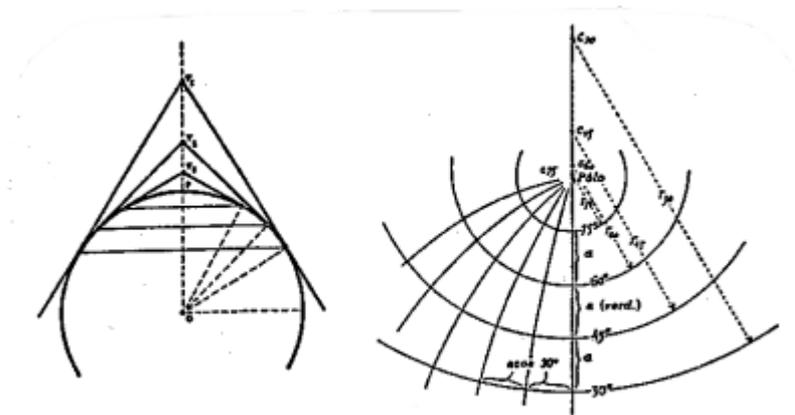


Figura 2.7 - Projeção Policônica

### 3.3.2 - PROJEÇÃO CÔNICA NORMAL DE LAMBERT (com dois paralelos padrão)

- Cônica.
- Conforme.
- Analítica.
- Secante.
- Os meridianos são linhas retas convergentes.
- Os paralelos são círculos concêntricos com centro no ponto de interseção dos meridianos.
- **Aplicações:** A existência de duas linhas de contato com a superfície (dois paralelos padrão) nos fornece uma área maior com um baixo nível de deformação. Isto faz com que esta projeção seja bastante útil para regiões que se estendam na direção este-oeste, porém pode ser utilizada em quaisquer latitudes.

A partir de 1962, foi adotada para a Carta Internacional do Mundo, ao Milionésimo.

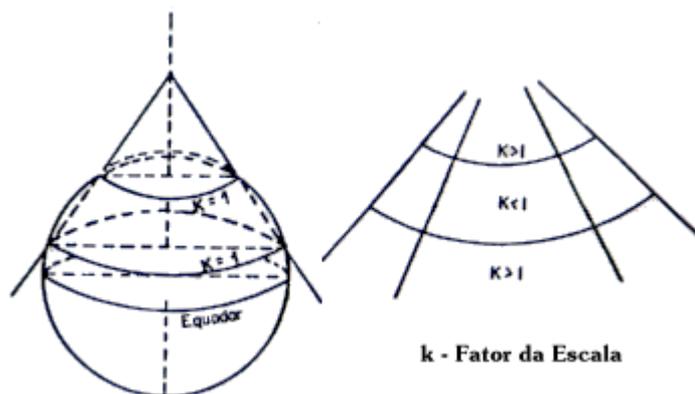


Figura 2.8 - Projeção Cônica Normal de Lambert (com dois paralelos-padrão)

### 3.3.3 - PROJEÇÃO CILÍNDRICA TRANSVERSA DE MERCATOR (Tangente)

- Cilíndrica.
- Conforme.
- Analítica.
- Tangente (a um meridiano).
- Os meridianos e paralelos não são linhas retas, com exceção do meridiano de tangência e do Equador.
- **Aplicações:** Indicada para regiões onde há predominância na extensão Norte-Sul. É muito utilizada em cartas destinadas à navegação.

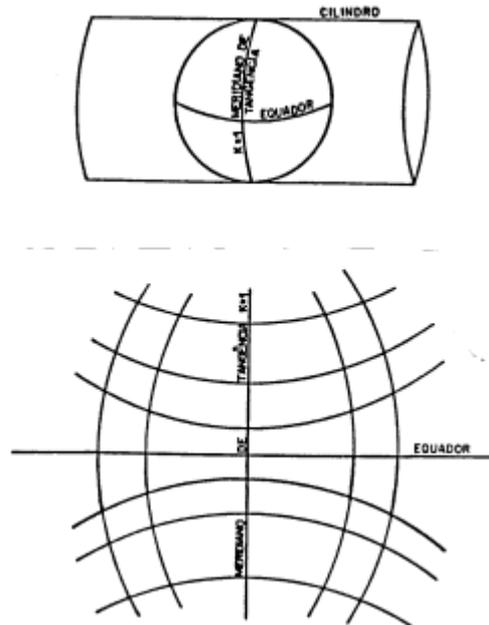


Figura 2.9 - Projeção Cilíndrica Transversa de Mercator

### 3.3.4 - PROJEÇÃO CILÍNDRICA TRANSVERSA DE MERCATOR (Secante)

- Cilíndrica.
- Conforme.
- Secante.
- Só o Meridiano Central e o Equador são linhas retas.
- Projeção utilizada no SISTEMA UTM - Universal Transversa de Mercator desenvolvido durante a 2ª Guerra Mundial. Este sistema é, em essência, uma modificação da Projeção Cilíndrica Transversa de Mercator.
- **Aplicações:** Utilizado na produção das cartas topográficas do Sistema Cartográfico Nacional produzidas pelo IBGE e DSG.

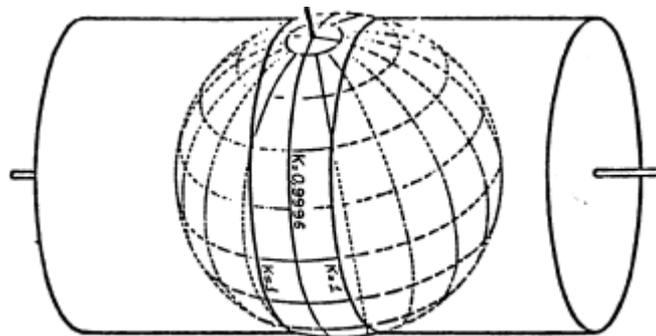


Figura 2.10 - Cilindro secante

### 3.3.5 - CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DO SISTEMA UTM:

- 1) O mundo é dividido em 60 fusos, onde cada um se estende por 6° de longitude. Os fusos são numerados de um a sessenta começando no fuso 180° a 174° W Gr. e continuando para este. Cada um destes fusos é gerado a partir de uma rotação do cilindro de forma que o meridiano de tangência divide o fuso em duas partes iguais de 3° de amplitude (Figura 2.11).
- 2) O quadriculado UTM está associado ao sistema de coordenadas plano-retangulares, tal que um eixo coincide com a projeção do Meridiano Central do fuso (eixo N apontando para Norte) e o outro eixo, com o do Equador. Assim cada ponto do elipsóide de referência (descrito por latitude, longitude) estará biunivocamente associado ao terno de valores Meridiano Central, coordenada E e coordenada N.
- 3) Avaliando-se a deformação de escala em um fuso UTM (tangente), pode-se verificar que o fator de escala é igual a 1(um) no meridiano central e aproximadamente igual a 1.0015 (1/666) nos extremos do fuso. Desta forma, atribuindo-se a um fator de escala  $k = 0,9996$  ao meridiano central do sistema UTM (o que faz com que o cilindro tangente se torne secante), torna-se possível assegurar um padrão mais favorável de deformação em escala ao longo do fuso. O erro de escala fica limitado a 1/2.500 no meridiano central, e a 1/1030 nos extremos do fuso (Figura 2.12).
- 4) A cada fuso associamos um sistema cartesiano métrico de referência, atribuindo à origem do sistema (interseção da linha do Equador com o meridiano central) as coordenadas 500.000 m, para contagem de coordenadas ao longo do Equador, e

10.000.000 m ou 0 (zero) m, para contagem de coordenadas ao longo do meridiano central, para os hemisfério sul e norte respectivamente. Isto elimina a possibilidade de ocorrência de valores negativos de coordenadas.

5) Cada fuso deve ser prolongado até 30' sobre os fusos adjacentes criando-se assim uma área de superposição de 1° de largura. Esta área de superposição serve para facilitar o trabalho de campo em certas atividades.

6) O sistema UTM é usado entre as latitudes 84° N e 80° S.

Além desses paralelos a projeção adotada mundialmente é a Estereográfica Polar Universal.

- **Aplicações:** Indicada para regiões de predominância na extensão Norte-Sul entretanto mesmo na representação de áreas de grande longitude poderá ser utilizada.

É a mais indicada para o mapeamento topográfico a grande escala, e é o Sistema de Projeção adotado para o Mapeamento Sistemático Brasileiro.

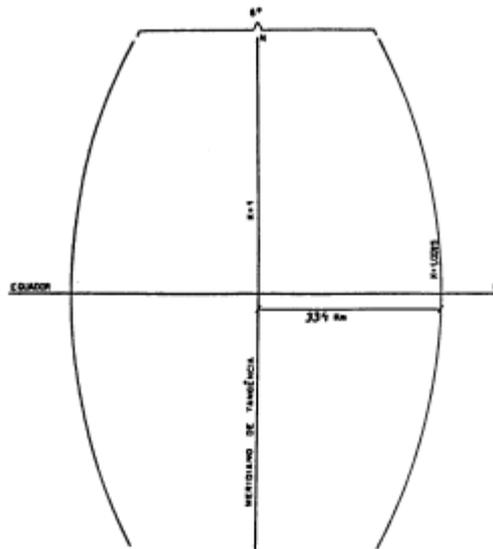


fig.2.11 - Fuso UTM com cilindro tangente.

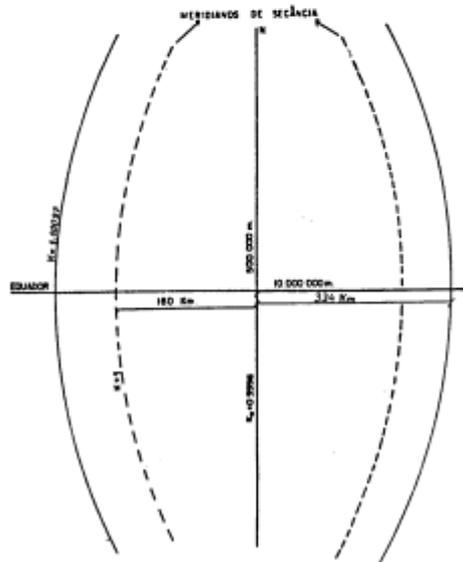


fig.2.12 - Fuso UTM com cilindro secante.

### 3.4 - CONCEITOS IMPORTANTES

O sistema de coordenadas geodésicas ou o UTM permite o posicionamento de qualquer ponto sobre a superfície da Terra, no entanto é comum se desejar posicionamento relativo de direção nos casos de navegação. Assim, ficam definidos três vetores associados a cada ponto:

**Norte Verdadeiro ou de Gauss** - Com direção tangente ao meridiano (geodésico) passante pelo ponto e apontado para o Polo Norte.

**Norte Magnético** - Com direção tangente à linha de força do campo magnético passante pelo ponto e apontado para o Polo Norte Magnético.

OBS.: Devido à significativa variação da ordem de minutos de arco anualmente deste pólo ao longo dos anos, torna-se necessária a correção do valor constantes da carta/mapa para a data do posicionamento desejado.

**Norte da Quadrícula** - Com 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 a partir do Pólo Norte, no sentido horário. O Azimute varia de 0° a 360° 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 contata a partir do Polo Sul.

**Contra-azimute:** Contra-Azimute de uma direção é o Azimute da direção inversa.

**Declinação Magnética (  $d$  ):** É o ângulo formado entre os vetores Norte Verdadeiro e o Norte Magnético associado a um ponto.

**Convergência Meridiana Plana (  $g$  ):** 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.

**Rumo:** 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.

## 4 - CARTAS E MAPAS

### 4.1 - CLASSIFICAÇÃO DE CARTAS E MAPAS

Quanto à natureza da representação:

a)	GERAL	CADASTRAL	-	Até	1:25.000		
		TOPOGRÁFICA	-	De	até 1:250.000		
		GEOGRÁFICA	-	1:1.000.000	e	menores	1:250.000
		(1:2.500.000, 1:5.000.000 até 1:30.000.000)					

#### b) TEMÁTICA

#### c) ESPECIAL

##### 4.1.1 - GERAL

São documentos cartográficos elaborados sem um fim específico. A finalidade é fornecer ao usuário uma base cartográfica com possibilidades de aplicações generalizadas, de acordo com a precisão geométrica e tolerâncias permitidas pela escala.

Apresentam os acidentes naturais e artificiais e servem, também, de base para os demais tipos de cartas.

##### 4.1.1.1 - CADASTRAL

Representação em escala grande, geralmente planimétrica e com maior nível de detalhamento, apresentando grande precisão geométrica. Normalmente é utilizada para representar cidades e regiões metropolitanas, nas quais a densidade de edificações e arruamento é grande.

As escalas mais usuais na representação cadastral, são: 1:1.000, 1:2.000, 1:5.000, 1:10.000 e 1:15.000.

**Mapa de Localidade** - Denominação utilizada na Base Territorial dos Censos para identificar o conjunto de plantas em escala cadastral, que compõe o mapeamento de uma localidade (região metropolitana, cidade ou vila).

#### 4.1.1.2 - TOPOGRÁFICA

Carta elaborada a partir de levantamentos aerofotogramétrico e geodésico original ou compilada de outras cartas topográficas em escalas maiores. Inclui os acidentes naturais e artificiais, em que os elementos planimétricos (sistema viário, obras, etc.) e altimétricos (relevo através de curvas de nível, pontos colados, etc.) são geometricamente bem representados.

As aplicações das cartas topográficas variam de acordo com sua escala:

**1:25.000** - Representa cartograficamente áreas específicas, com forte densidade demográfica, fornecendo elementos para o planejamento socioeconômico e bases para anteprojetos de engenharia. Esse mapeamento, pelas características da escala, está dirigido para as áreas das regiões metropolitanas e outras que se definem pelo atendimento a projetos específicos. Cobertura Nacional: 1,01%.

**1:50.000** - Retrata cartograficamente zonas densamente povoadas, sendo adequada ao planejamento socioeconômico e à formulação de anteprojetos de engenharia.

A sua abrangência é nacional, tendo sido cobertos até agora 13,9% do Território Nacional, concentrando-se principalmente nas regiões Sudeste e Sul do país.

**1:100.000** - Objetiva representar as áreas com notável ocupação, priorizadas para os investimentos governamentais, em todos os níveis de governo- Federal, Estadual e Municipal.

A sua abrangência é nacional, tendo sido coberto até agora 75,39% do Território Nacional.

**1:250.000** - Subsidia o planejamento regional, além da elaboração de estudos e projetos que envolvam ou modifiquem o meio ambiente.

A sua abrangência é nacional, tendo sido coberto até o momento 80,72% do Território Nacional.

**Mapa Municipal** : Entre os principais produtos cartográficos produzidos pelo IBGE encontra-se o mapa municipal, que é a representação cartográfica da área de um município, contendo os limites estabelecidos pela Divisão Político-Administrativa, acidentes naturais e artificiais, toponímia, rede de coordenadas geográficas e UTM, etc..

Esta representação é elaborada a partir de bases cartográficas mais recentes e de documentos cartográficos auxiliares, na escala das referidas bases.

O mapeamento dos municípios brasileiros é para fins de planejamento e gestão territorial e em especial para dar suporte as atividades de coleta e disseminação de pesquisas do IBGE.

#### 4.1.1.3 - GEOGRÁFICA

Carta em que os detalhes planimétricos e altimétricos são generalizados, os quais oferecem uma precisão de acordo com a escala de publicação. A representação planimétrica é feita através de símbolos que ampliam muito os objetos correspondentes, alguns dos quais muitas vezes têm que ser bastante deslocados.

A representação altimétrica é feita através de curvas de nível, cuja equidistância apenas dá uma idéia geral do relevo e, em geral, são empregadas cores hipsométricas. São elaboradas na escala. 1:500.000 e menores, como por exemplo a Carta Internacional do Mundo ao Milionésimo (CIM).

**Mapeamento das Unidades Territoriais** : Representa, a partir do mapeamento topográfico, o espaço territorial brasileiro através de mapas elaborados especificamente para cada unidade territorial do país.

Produtos gerados:-Mapas do Brasil (escalas 1:2.500.000,1:5.000.000,1:10.000.000, etc.).

-Mapas Regionais (escalas geográficas diversas).

-Mapas Estaduais (escalas geográficas e topográficas diversas).

#### 4.1.2 - TEMÁTICA

São as cartas, mapas ou plantas em qualquer escala, destinadas a um tema específico, necessária às pesquisas socioeconômicas, de recursos naturais e estudos ambientais. A representação temática, distintamente da geral, exprime conhecimentos particulares para uso geral.

Com base no mapeamento topográfico ou de unidades territoriais, o mapa temático é elaborado em especial pelos Departamentos da Diretoria de Geociências do IBGE, associando elementos relacionados às estruturas territoriais, à geografia, à estatística, aos recursos naturais e estudos ambientais.

Principais produtos: -Cartogramas temáticos das áreas social, econômica territorial,etc.

-Cartas do levantamento de recursos naturais (volumes RADAM).

-Mapas da série Brasil 1:5.000.000 (Escolar, Geomorfológico, Vegetação, Unidades de Relevo, Unidades de Conservação Federais).

- Atlas nacional, regional e estadual.

#### 4.1.3 - ESPECIAL

São as cartas, mapas ou plantas para grandes grupos de usuários muito distintos entre si, e cada um deles, concebido para atender a uma determinada faixa técnica ou científica. São documentos muito específicos e sumamente técnicos que se destinam à representação de fatos, dados ou fenômenos típicos, tendo assim, que se cingir rigidamente aos métodos e objetivos do assunto ou atividade a que está ligado. Por exemplo: Cartas náuticas, aeronáuticas, para fins militares, mapa magnético, astronômico, meteorológico e outros.

**Náuticas:** Representa as profundidades, a natureza do fundo do mar, as curvas batimétricas, bancos de areia, recifes, faróis, boias, as marés e as correntes de um determinado mar ou áreas terrestres e marítimas.

Elaboradas de forma sistemática pela Diretoria de Hidrografia e Navegação - DHN, do Ministério da Marinha. O Sistema Internacional exige para a navegação marítima, seja de carga ou de passageiros, que se mantenha atualizado o mapeamento do litoral e hidrovias.

**Aeronáuticas:** Representação particularizada dos aspectos cartográficos do terreno, ou parte dele, destinada a apresentar além de aspectos culturais e hidrográficos, informações suplementares necessárias à navegação aérea, pilotagem ou ao planejamento de operações aéreas.

**Para fins militares:** Em geral, são elaboradas na escala 1:25.000, representando os acidentes naturais do terreno, indispensáveis ao uso das forças armadas. Pode representar uma área litorânea características topográficas e náuticas, a fim de que ofereça a máxima utilidade em operações militares, sobretudo no que se refere a operações anfíbias.

#### 4.2 - CARTA INTERNACIONAL DO MUNDO AO MILIONÉSIMO - CIM

Fornecer subsídios para a execução de estudos e análises de aspectos gerais e estratégicos, no nível continental. Sua abrangência é nacional, contemplando um conjunto de 46 cartas.

É uma representação de toda a superfície terrestre, na projeção cônica conforme de LAMBERT (com 2 paralelos padrão) na escala de 1:1.000.000.

A distribuição geográfica das folhas ao Milionésimo foi obtida com a divisão do planeta (representado aqui por um modelo esférico) em 60 fusos de amplitude 6°, numerados a partir do fuso 180° W - 174° W no sentido Oeste-Leste (Figura 2.13). Cada um destes fusos por sua vez estão divididos a partir da linha do Equador em 21 zonas de 4° de amplitude para o Norte e com o mesmo número para o Sul.

Como o leitor já deve ter observado, a divisão em fusos aqui apresentada é a mesma adotada nas especificações do sistema UTM. Na verdade, o estabelecimento daquelas especificações é pautado nas características da CIM.

Cada uma das folhas ao Milionésimo pode ser acessada por um conjunto de três caracteres:

1º) letra **N** ou **S** - indica se a folha está localizada ao Norte ou a Sul do Equador.

2º) letras **A** até **U** - cada uma destas letras se associa a um intervalo de 4° de latitude se desenvolvendo a Norte e a Sul do Equador e se prestam a indicação da latitude limite da folha (3).

3º) números de **1** a **60** - indicam o número de cada fuso que contém a folha.

OBS: O Território Brasileiro é coberto por 08 (oito) fusos. (Figura 2.14)

(3) Além das zonas de A a U, temos mais duas que abrangem os paralelos de 84° a 90°. A saber: a zona V que é limitada pelos paralelos 84° e 88° e a zona Z, ou polar, que vai deste último até 90°. Neste intervalo, que corresponde as regiões Polares, a Projeção de Lambert não atende convenientemente a sua representação. Utiliza-se então a Projeção Estereográfica Polar.

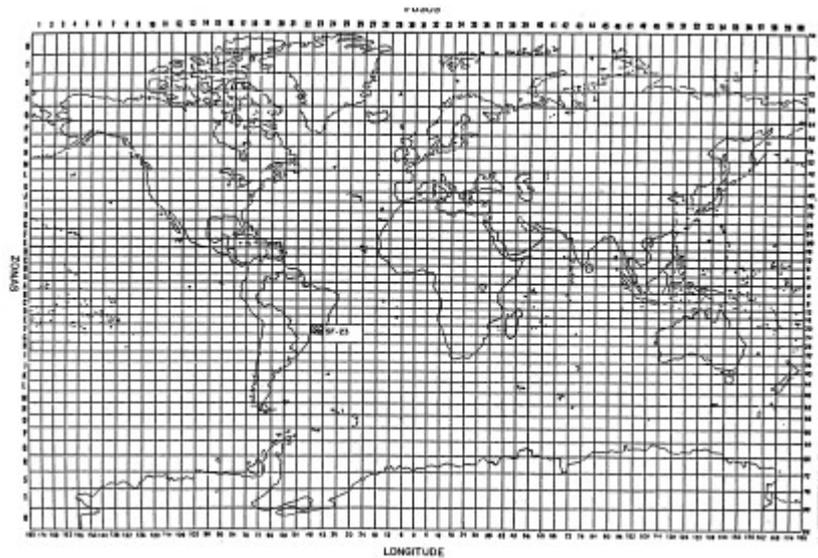


Figura 2.13 - Carta Internacional do Mundo ao Milionésimo



Figura 2.14 - O Brasil dividido em fusos de 6°

## 5 - ÍNDICE DE NOMENCLATURA E ARTICULAÇÃO DE FOLHAS

Este índice tem origem nas folhas ao Milionésimo, e se aplica a denominação de todas as folhas de cartas do mapeamento sistemático (escalas de 1:1.000.000 a 1:25.000).

A Figura 2.15 apresenta a referida nomenclatura.

Para escalas maiores que 1:25.000 ainda não existem normas que regulamentem o código de nomenclatura. O que ocorre na maioria das vezes é que os órgãos produtores de cartas ou plantas nessas escalas adotam seu próprio sistema de articulação de folhas, o que dificulta a interligação de documentos produzidos por fontes diferentes.

Existem dois sistemas de articulação de folhas que foram propostos por órgãos envolvidos com a produção de documentos cartográficos em escalas grandes:

O primeiro, proposto e adotado pela Diretoria de Eletrônica e Proteção ao vôo (e também adotado pela COCAR), se desenvolve a partir de uma folha na escala 1:100.000 até uma folha na escala 1:500.

O segundo, elaborado pela Comissão Nacional de Região Metropolitana e Política Urbana, tem sido adotado por vários órgãos responsáveis pela Cartografia Regional e Urbana de seus estados. Seu desenvolvimento se dá a partir de uma folha na escala 1:25.000 até uma folha na escala 1:1.000.

## ÍNDICE DE NOMENCLATURA DAS FOLHAS

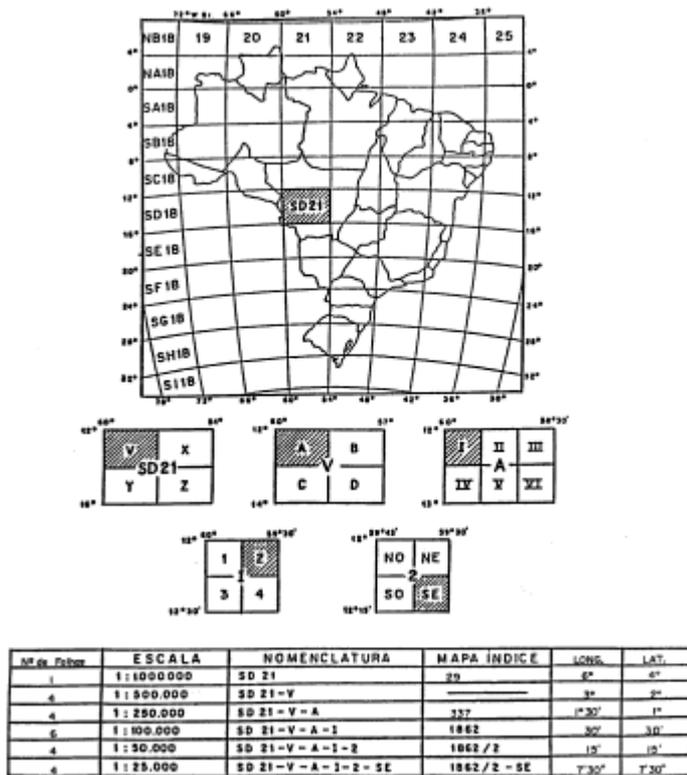


Figura 2.15 - Nomenclatura das cartas do mapeamento sistemático

## 6 - MAPA ÍNDICE

Além do índice de nomenclatura, dispomos também de um outro sistema de localização de folhas. Neste sistema numeramos as folhas de modo a referenciá-las através de um simples número, de acordo com as escalas. Assim:

- para as folhas de 1:1.000.000 usamos uma numeração de 1 a 46;
- para as folhas de 1:250.000 usamos uma numeração de 1 a 550;
- para as folhas de 1:100.000, temos 1 a 3036;

Estes números são conhecidos como "MI" que quer dizer número correspondente no MAPA-ÍNDICE.

O número MI substitui a configuração do índice de nomenclatura para escalas de 1:100.000, por exemplo, à folha SD-23-Y-C-IV corresponderá o número MI 2215.

Para as folhas na escala 1:50.000, o número MI vem acompanhado do número (1,2,3 ou 4) conforme a situação da folha em relação a folha 1:100.000 que a contém. Por exemplo, à folha SD-23-Y-C-IV-3 corresponderá o número MI 2215-3.

Para as folhas de 1:25.000 acrescenta-se o indicador (NO,NE,SO e SE) conforme a situação da folha em relação a folha 1:50.000 que a contém, por exemplo, à folha SD-23-Y-C-IV-3-NO corresponderá o número MI 2215-3-NO.

A aparição do número MI no canto superior direito das folhas topográficas sistemáticas nas escalas 1:100.000, 1:50.000 e 1:25.000 é norma cartográfica hoje em vigor, conforme recomendam as folhas-modelo publicadas pela Diretoria de Serviço Geográfico do Exército, órgão responsável pelo estabelecimento de Normas Técnicas para as séries de cartas gerais, das escalas 1:250.000 e maiores.

## 7 - NOÇÕES DE SENSORIAMENTO REMOTO

Entende-se por Sensoriamento Remoto a utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos para processamento e transmissão de dados, aeronaves, espaçonaves e etc., com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra, em suas mais diversas manifestações.

### 1 - Fontes de energia eletromagnética:

**Natural:** O Sol é a principal fonte de energia eletromagnética. Toda matéria a uma temperatura absoluta acima de (0° K) emite energia, podendo ser considerada como uma fonte de radiação.

**Artificial:** Câmaras com flash, sensores microondas

## 2 - Energia eletromagnética:

A forma mais conhecida da energia eletromagnética é a luz visível, embora outras formas como raios X, ultravioleta, ondas de rádio e calor também sejam familiares.

Todas essas formas além de outras menos conhecidas são basicamente da mesma natureza e sua forma de propagação pode ser explicada através de duas teorias. Uma teoria é conhecida como "Modelo Corpuscular" e preconiza que a energia se propaga pela emissão de um fluxo de partículas (fótons). Outra, é conhecida como "Modelo Ondulatório" e postula que a propagação da energia se faz através de um movimento ondulatório. Esta teoria descreve a energia eletromagnética como uma feição sinuosa harmônica que se propaga no vácuo à velocidade da luz, ou seja,  $3 \times 10^8$  m/s.

Uma carga elétrica produz ao seu redor um campo elétrico (E). Quando essa carga entra em movimento desenvolve-se ao seu redor uma corrente eletromagnética. A aceleração de uma carga elétrica provoca perturbações nos campos elétrico e magnético, que se propagam repetitivamente no vácuo.

Uma onda eletromagnética pode então ser definida como a oscilação do campo elétrico (E) e magnético (M) segundo um padrão harmônico de ondas, ou seja, espaçadas repetitivamente no tempo.

Dois características importantes das ondas eletromagnéticas:

- **Comprimento de onda:** É a distância entre dois picos consecutivos de ondas eletromagnéticas. Por exemplo, os sensores da faixa do visível apresentam comprimento de onda que variam de 0,38 m a 0,78  $\mu$  m.

$$\lambda \rightarrow \mu \text{ m onde, } 1 \mu \text{ m} = 1 \times 10^{-6} \text{ m}$$

- **Frequência:** Nº de picos que passa por um determinado ponto numa unidade de tempo.

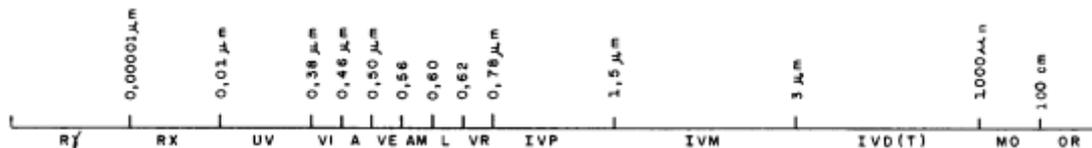
A frequência é diretamente proporcional à velocidade de propagação da radiação, mas como essa velocidade é constante para um mesmo meio de propagação, para que haja alteração na frequência é necessário que haja alteração no comprimento de onda (l).

$$V = \lambda \times f \Rightarrow \lambda = V/f \quad \text{onde,} \quad V = \text{veloc. da luz} = 300.000 \text{ Km/s}$$

$f = \text{frequência, medida em Hertz (Hz)}$

## 3 - O espectro eletromagnético

Pode ser ordenado em função do seu comprimento de onda ou de sua frequência. O espectro eletromagnético se estende desde comprimentos de onda muito curtos associados a raios cósmicos até ondas de rádio de baixa frequência e grandes comprimentos de onda.



As características de cada elemento observado determinam a maneira particular segundo a qual emite ou reflete energia, ou seja, a sua "assinatura" espectral. Um grande nº de interações torna-se possível quando a energia eletromagnética entra em contato com a matéria. Essas interações produzem modificações na energia incidente, assim, ela pode ser:

- **Transmitida:** Propaga-se através da matéria
- **Absorvida:** Cede a sua energia, sobretudo no aquecimento da matéria
- **Refletida:** Retorna sem alterações da superfície da matéria à origem
- **Dispersa:** Deflectida em todas as direções e perdida por absorção e por novas deflexões
- **Emitida:** Geralmente reemitida pela matéria em função da temperatura e da estrutura molecular

**Reflectância espectral:** É a comparação entre a quantidade de energia refletida por um alvo e a incidente sobre ele.

Esse comportamento por qualquer matéria, é seletivo em relação ao comprimento de onda, e específico para cada tipo de matéria, dependendo basicamente de sua estrutura atômica e molecular. Assim, em princípio, torna-se possível a identificação de um objeto observado por um sensor, através da sua "assinatura espectral".

## 4 - Sistemas sensores

Um sistema sensor pode ser definido como qualquer equipamento capaz de transformar alguma forma de energia em um sinal passível de ser convertido em informação sobre o ambiente. No caso específico do Sensoriamento Remoto, a energia utilizada é a

radiação eletromagnética.

#### 4.1- Classificação dos Sensores Remotos

##### a) Quanto aos modelos operantes

- **Ativos:** Possuem sua própria fonte de radiação, a qual incide em um alvo, captando em seguida o seu reflexo. Ex.: Radar
- **Passivos:** Registra irradiações diretas ou refletidas de fontes naturais. Dependem de uma fonte de radiação externa para que possam operar. Ex.: Câmara fotográfica

##### b) Quanto ao tipo de transformação sofrida pela radiação detectada

- **Não imageador:** Não fornecem uma imagem da superfície sensoriada e sim registros na forma de dígitos ou gráficos.
- **Imageador:** Fornecem, mesmo por via indireta, uma imagem da superfície observada através do Sistema de quadros ou Sistema de Varredura.

**Sistemas de quadro:** Adquirem a imagem da cena em sua totalidade num mesmo instante.

**Sistemas de Varredura:** A imagem da cena é formada pela aquisição seqüencial de imagens elementares do terreno ou elementos de resolução, também chamado "pixels".

- **Resolução:** É a medida da habilidade que o sistema sensor possui em distinguir objetos que estão próximos espacialmente ou respostas que são semelhantes, espectralmente.
- **Resolução espacial:** Mede a menor separação angular ou linear entre dois objetos. Ex.: Um sistema de resolução de 30m (LANDSAT) significa que os objetos distanciados de 30m serão em geral distinguidos pelo sistema. Assim, quanto menor a resolução espacial, maior o poder resolutivo, ou seja, maior o seu poder de distinguir entre objetos muito próximos.
- **Resolução espectral:** É uma medida da largura das faixas espectrais e da sensibilidade do sensor em distinguir entre dois níveis de intensidade do sinal de retorno.
- **Resolução temporal (Repetitividade):** É o tempo entre as aquisições sucessivas de dados de uma mesma área.

#### 5- Aquisição de dados em Sensoriamento Remoto

É o procedimento pelos quais os sinais são detectados, gravados e interpretados. A detecção da energia eletromagnética pode ser obtida de duas formas:

- **Fotograficamente:** O processo utiliza reações químicas na superfície de um filme sensível à luz para detectar variações de imagem dentro de uma câmara e registrar os sinais detectados gerando uma imagem fotográfica.
- **Eletronicamente:** O processo eletrônico gera sinais elétricos que correspondem às variações de energia provenientes da interação entre a energia eletromagnética e a superfície da terra. Esses sinais são transmitidos às estações de captação onde são registrados geralmente numa fita magnética, podendo depois serem convertidos em imagem.

#### 6- Sensores Imageadores

Os sensores que produzem imagens podem ser classificados em função do processo de formação de imagem, em:

**6.1- Sistemas Fotográficos:** Foram os primeiros equipamentos a serem desenvolvidos, e possuem excelente resolução espacial. Compõem esse sistema, as câmaras fotográficas (objetiva, diafragma, obturador e o corpo), filtros e filmes.

**6.2- Sistemas de imageamento eletro-óptico:** Diferem do sistema fotográfico porque os dados são registrados em forma de sinal elétrico, possibilitando sua transmissão à distância. Os componentes básicos desses sensores são um sistema óptico e um detector. A função do sistema óptico é focalizar a energia proveniente da área observada sobre o detector. A energia detectada é transformada em sinal elétrico.

- **Sistema de Imageamento Vidicon ( sistema de quadro):** Tiveram origem a partir de sistema de televisão. Nesse sistema a cena é coletada de forma instantânea. Um exemplo de produto de Sensoriamento Remoto obtido por esse tipo de sensor são as imagens RBV coletadas pelas câmaras RBV à bordo dos satélites 1, 2 e 3 da série LANDSAT.

- **Sistema de Varredura Eletrônica:** Utiliza um sistema óptico através do qual a imagem da cena observada é formada por sucessivas linhas imageadas pelo arranjo linear de detetores na medida que a plataforma se locomove ao longo da linha de órbita. Esse sistema é utilizado em diversos programas espaciais, como por exemplo o SPOT (França).

- **Sistema de Varredura Mecânica:** Esse sistema, onde a cena é imageada linha por linha, vem sendo utilizado pelos sensores MSS e TM a bordo dos satélites da série LANDSAT. O espelho de varredura oscila perpendicularmente em direção ao deslocamento da plataforma, refletindo as radiancias provenientes dos pixels no eixo de oscilação. Após uma varredura completa, os sinais dos pixels formam uma linha, e juntando os sinais linha a linha, forma-se a imagem da cena observada.

**6.3- Sistemas de Microondas:** O sistema de imageamento mais comum é o dos Radares de Visada Lateral, que por ser um sistema ativo não é afetado pelas variações diurnas na radiação refletida pela superfície do terreno, podendo ser usado inclusive à noite. Pode operar em condições de nebulosidade, uma vez que as nuvens são transparentes à radiação da faixa de microondas.

## 8 - IMAGENS RADARMÉTRICAS

O termo "Radar" é derivado da expressão Inglesa "Radio Detecting and Ranging", que significa: detectar e medir distâncias através de ondas de rádio.

Inicialmente os radares destinavam-se a fins militares. No decorrer da Segunda Guerra Mundial a Inglaterra foi equipada com eficiente rede de Radar, mas só a partir da década de 60 os geocientistas procuraram aplicar os princípios de Radar para fins de levantamento de recursos naturais.

A grande vantagem do sensor Radar é que o mesmo atravessa a cobertura de nuvens. Pelo fato de ser um sensor ativo, não depende da luz solar e consequentemente pode ser usado à noite, o que diminui sobremaneira o período de tempo do aerolevanteamento.

Um trabalho de relevância foi realizado na América do Sul, em especial na Região Amazônica pela Grumman Ecosystems. Esta realizou o levantamento de todo o território brasileiro, com a primeira fase em 1972 (Projeto RADAM) e posteriormente em 1976, na complementação do restante do Brasil (Projeto RADAM BRASIL).

Desde o final da década de 70 até o presente momento, uma série de Programas de Sistema Radar, foram executados ou estão em avançado estágio de desenvolvimento: SEAT; SIR-A; SIR-B; SIR-C (EUA); ERS-1 e ERS-2 (Europeu); JERS-1 e JERS-2 (Japão); ALMOZ (Rússia) e RADAR SAT(Canadá).

### 8.1 - BANDAS DE RADAR

Banda	Comprimento de Onda (cm)	Freqüência
Q	0,75 - 1,18	40,0 - 26,5
K	1,18 - 2,40	26,5 - 12,5
X	2,40 - 3,75	12,5 - 8
C	3,75 - 7,50	8,0 - 4,0
S	7,50 - 15	4,0 - 2,0
L	15,00 - 30	2,0 - 1,0
UHF	30,00 - 100	1,0 - 0,3
P	77,00 - 136	0,2 - 0,4

O radar de visada lateral (RVL) situa-se na faixa de microondas do espectro eletromagnético, variando entre comprimentos de onda de 100 cm a 1mm, e freqüência de 0,3 a 50 GHZ.

## 9 - IMAGENS ORBITAIS

Como **imagem orbital**, considera-se a aquisição de dados de sensoriamento remoto através de equipamentos sensores coletores à bordo de satélites artificiais.

Desde a década de 70, o IBGE vem utilizando imagens de satélite da série LANDSAT. Estas imagens, uma vez corrigidas geometricamente dos efeitos de rotação e esfericidade da Terra, variações de atitude, altitude e velocidade do satélite, constituem-se em valiosos instrumentos para a Cartografia, na representação das regiões onde a topografia é difícil e onde as condições de clima adversos não permitem fotografar por métodos convencionais.

No sistema de Sensoriamento Remoto do satélite LANDSAT, a produção de radiação que retorna ao sensor é direcionada para vários detectores, recebendo cada um deles, comprimento de ondas diferente, gerando 7 bandas distintas do espectro eletromagnético, sendo este sensor conhecido como multispectral. O que na fotografia aérea (visível) e radar (microondas), possui uma pequena faixa espectral.

Para que o sistema de coleta de dados funcione é necessário que sejam preenchidas algumas condições:

- a) Existência de fonte de radiação.  
b) Propagação de radiação pela atmosfera.

- c) Incidência de radiação sobre a superfície terrestre.
- d) Ocorrência de interação entre a radiação e os objetos da superfície.
- e) Produção de radiação que retorna ao sensor após propagar-se pela atmosfera.

O Sol é a principal fonte de energia eletromagnética disponível para o Sensoriamento Remoto da superfície terrestre. Quando observado como fonte de energia eletromagnética, o Sol pode ser considerado como uma esfera de gás aquecida pelas reações nucleares ocorridas no seu interior. A superfície aparente do Sol é conhecida por fotosfera e sua energia irradiada é a principal fonte de radiação eletromagnética no Sistema Solar. Esta energia radiante proveniente do Sol em direção à Terra, é chamada "Fluxo Radiante".

### 9.1 - SISTEMA LANDSAT

O Sistema LANDSAT, originalmente denominado ERTS (Earth Resources Technology Satellite) foi desenvolvido com o objetivo de se obter uma ferramenta prática no inventário e no manejo dos recursos naturais da Terra.

Planejou-se uma série de 6 satélites, tendo-se lançado o primeiro em julho de 1975.

SATÉLITE	DATA DE LANÇAMENTO	PROBLEMAS OPERACIONAIS	TÉRMINO DE OPERAÇÃO
Landsat 1	Jul ' 72	-	Jan ' 78
Landsat 2	Jan ' 75	Nov ' 79/Fev ' 82	Jul ' 83
Landsat 3	Mar ' 78	Dez ' 80/Mar ' 83	Set ' 83
Landsat 4	Jul ' 82	Fev ' 83(apenas TM)	-
Landsat 5	Mar ' 84	-	-

Figura 2.17 - Satélites da série LANDSAT

O quadro apresenta o período de vida útil possuído pelos satélites, que embora tenham sido concebidos para terem uma vida média útil de 2 anos, mantiveram-se em operação durante cerca de 5 anos.

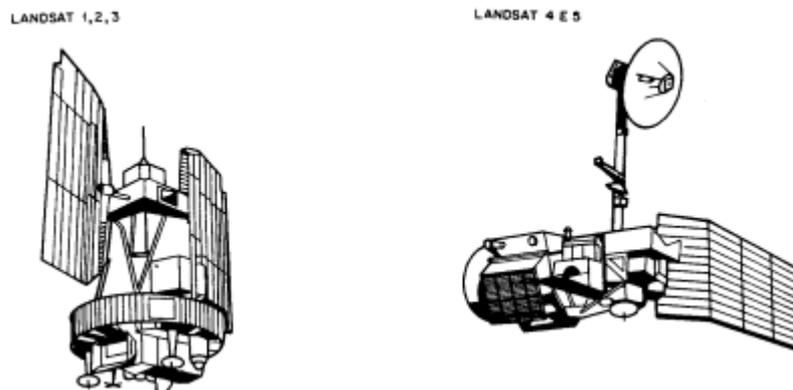


Figura 2.18 - Configuração dos satélites da série LANDSAT

#### 9.1.1 - COMPONENTES DO SISTEMA LANDSAT

O Sistema LANDSAT, como qualquer outro sistema de Sensoriamento Remoto, compõe-se de duas partes principais:

- **Subsistema satélite:** Tem a função básica de adquirir os dados. Como componentes básicos, tem o satélite com o seu conjunto de sensores e sistemas de controle.

- **Subsistema estação terrestre:** Tem a função de processar os dados e torna-los utilizáveis pelos usuários. É composto por estações de recepção, processamento e distribuição dos dados.

As operações de uma estação de recepção de dados são:

- Verificar os equipamentos antes da entrada do satélite no campo de visualização da antena.
- Apontamento da antena na direção de conexão com o satélite.
- Rastreamento automático.
- Registro dos dados em fita de alta densidade (HDDT).
- Verificação da qualidade dos dados gravados.
- Retorno da antena à posição de descanso.

O laboratório de processamento de imagens tem a função de transformar os dados recebidos pelas estações de recepção. As atividades executadas neste processamento são: calibração radiométrica e correção geométrica baseada nos seguintes dados:

- Rotação e curvatura da Terra.
- Atitude do satélite
- Geometria dos instrumentos
- Projeção cartográfica utilizada, etc.

Através de arquivo de pontos de controle obtidos no terreno ou oriundos de cartas topográficas, pode-se melhorar a posição geométrica das imagens.

Os principais produtos resultantes do processamento de dados e disponibilizados para o usuário são fitas magnéticas ou imagens fotográficas e digitais.

### 9.1.2 - CARACTERÍSTICA DA ÓRBITA

A órbita do satélite LANDSAT é repetitiva, quase circular, sol-síncrona e quase polar. A altitude dos satélites da série 4 e 5 é inferior à dos primeiros, posicionado a 705 Km em relação a superfície terrestre.no Equador.

PARÂMETROS ORBITAIS	LANDSAT (MSS) 1, 2 e 3	LANDSAT (TM) 4 e 5
Resolução	80 m	30 m
Inclinação (graus)	99,114	98
Período (minuto)	103,267	98,20
Recobrimento da faixa	185 x 185 Km	185 x 185 Km
Hora da passagem pelo Equador	09:15	09:45
Ciclo de cobertura	18 dias	16 dias
Duração do ciclo	251 revoluções	233 revoluções
Distância entre passagens no Equador	2.760 Km	2.760 Km
Altitude (Km)	920	709

Figura 2.19 - Características da órbita do LANDSAT

### 9.1.3 - SISTEMAS SENSORES

Os satélites LANDSAT 1 e 2 carregavam a bordo 2 sistemas sensores com a mesma resolução espacial, mas com diferentes concepções de imageamento: o sistema RBV (Return Beam Vidicon), com imageamento instantâneo de toda a cena e o sistema MSS, com imageamento do terreno por varredura de linhas.

Ambos os sistemas propunham-se a aquisição de dados multiespectrais, mas o desempenho do sistema MSS (Multi Spectral Scanner) fez com que o terceiro satélite da série tivesse seu sistema RBV modificado, passando a operar em uma faixa do espectro ao invés de três. Por outro lado, foi acrescentada uma faixa espectral ao sistema MSS, passando a operar na região do infravermelho termal.

A partir do LANDSAT 4, ao invés do sensor RBV, a carga útil do satélite passou a contar com o sensor TM (Thematic Mapper) operando em 7 faixas espectrais. Esse sensor conceitualmente é semelhante ao MSS pois é um sistema de varredura de linhas. Entretanto, incorpora uma série de aperfeiçoamentos, como resolução espacial mais fina, melhor discriminação espectral entre objetos da superfície terrestre, maior fidelidade geométrica e melhor precisão radiométrica.

### 9.1.4 - FORMAÇÃO DE IMAGENS

Cada vez que o espelho imageador visa o terreno, a voltagem produzida por cada detector é amostrada a cada 9,95 microssegundos para um detector, aproximadamente 3.300 amostras são tomadas ao longo de uma linha de varredura com 185,2 Km.

As medidas individuais de radiação são arranjadas nas imagens, com dimensões de 30 x 30 metros. Esta área chama-se elemento de imagem ou **pixel**, que corresponde à menor unidade que forma uma imagem.

A detecção de objetos no terreno depende da relação entre o tamanho do objeto e o seu brilho (valor de brilho).

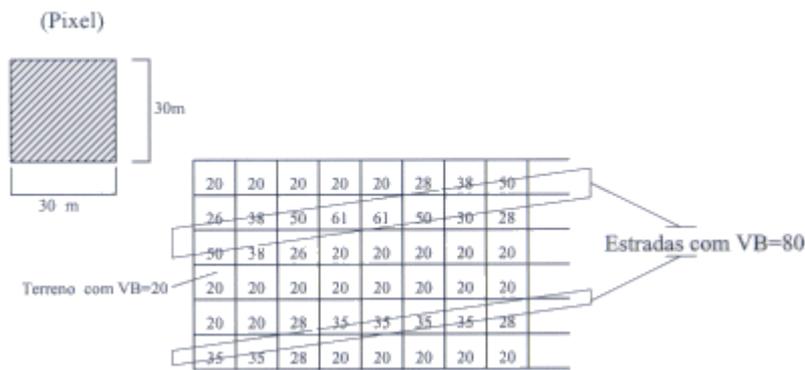


Figura 2.20 Arranjo espacial de pixels e seus VB

Uma imagem LANDSAT original, é produzida na escala de 1:1.000.000. Esta imagem não se apresenta como um retângulo, pois durante o tempo em que os dados são tomados (25 segundos), a Terra gira um curto espaço devido ao movimento de rotação, e as linhas de latitude e longitude fazem um certo ângulo com o topo e a base da imagem, originando então uma imagem com a forma de um trapézio.



Figura 2.21 - Formato de uma imagem original

À medida que o satélite se desloca ao longo da órbita, o espelho de varredura oscila perpendicularmente à direção deste deslocamento, proporcionando o imageamento contínuo do terreno. Entretanto, o movimento de rotação provoca um pequeno deslocamento do ponto inicial da varredura para oeste, a cada oscilação do espelho.

Tais distorções geométricas são posteriormente corrigidas nas estações terrestres, como já visto, onde também são criadas as referências marginais das imagens e as informações de rodapé.

## 9.2 - SISTEMA SPOT

O sistema SPOT é um programa espacial francês semelhante ao programa LANDSAT. O primeiro satélite da série SPOT, lançado em fevereiro de 1986, levou a bordo 2 sensores de alta resolução HRV ( High Resolution Visible) com possibilidade de apontamento perpendicular ao deslocamento do satélite.

### 9.2.1 - CARACTERÍSTICAS DA ÓRBITA

A altitude da órbita do SPOT é de 832 Km. É uma órbita polar, síncrona com o Sol, mantendo uma inclinação de 98º,7 em relação ao plano do equador. A velocidade orbital é sincronizada com o movimento de rotação da Terra, de forma que a mesma área possa ser imageada a intervalos de 26 dias.

### 9.2.2 - O SENSOR HRV

Os sensores HRV foram planejados para operar em dois modos:

- **O modo pancromático** (preto e branco) que corresponde a observação da cena numa ampla faixa do espectro eletromagnético, permitindo uma resolução espacial de 10 x 10 metros (pixel).

- **O modo multiespectral** (colorido), corresponde a observação da cena em 3 faixas estreitas do espectro, com resolução espacial de 20 x 20 metros (pixel).

Uma das características mais importantes apresentadas pelo satélite SPOT, é a utilização de sensores com ângulos de visada variável e programável através de comandos da estação terrestre, graças ao sistema de visada " off-nadir "

Através deste sistema, durante o período de 26 dias que separa 2 passagens sucessivas sobre uma mesma área, esta poderá ser observada de órbitas adjacentes em 7 diferentes passagens, se localizada no equador. Se a área de interesse estiver localizada nas latitudes médias (45º), a possibilidade de aquisição de dados será aumentada para 11 passagens.

Outra importante possibilidade através da visada " off- nadir " é a aquisição de pares estereoscópicos, proporcionada pelo imageamento de uma mesma área segundo ângulos de visada opostos, obtendo-se assim, uma visão tridimensional do terreno.

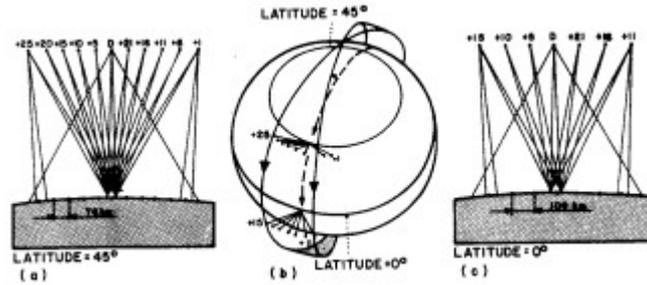


Figura 2.22 - Aquisição de dados proporcionado pela visada "off-nadir"

### 9.2.3 - COMPONENTES DO SISTEMA SPOT

O sistema consiste em um satélite para observações da Terra, os instrumentos e a estação de rastreamento, recepção e processamento de dados.

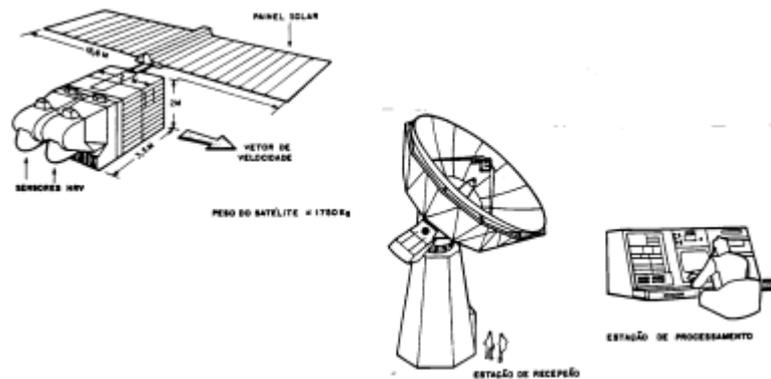


Figura 2.23 - Componentes do Sistema SPOT

### 9.3 - APLICAÇÕES DAS IMAGENS ORBITAIS NA CARTOGRAFIA

Como visto, o sensoriamento remoto propriamente dito seria o aproveitamento simultâneo das vantagens específicas de cada faixa de comprimento de ondas do espectro eletromagnético. Os sensores, geralmente, podem ser imageadores e não imageadores, sendo os primeiros os que vêm sendo mais estudados e aplicados no campo da Cartografia, especialmente a fotogrametria e a fotointerpretação.

Os estudos não se restringem apenas à porção visível do espectro, indo até as porções infravermelho e das microondas (radar), com diversas aplicações, principalmente na atualização cartográfica.

As imagens podem ser reproduzidas em papel, transparência (diapositivo), meio digital, etc., podendo ser em preto e branco, cores naturais, falsas cores e outras formas que permitem uma variação de estudos cartográficos, ou ainda poderão ser entregues sob a forma de fitas CCTS.

#### 9.3.1 - NO MAPEAMENTO PLANIMÉTRICO

O produto mais usual são imagens obtidas a partir da visada vertical georreferenciadas para a projeção cartográfica desejada.

A utilização experimental de imagens LANDSAT-MSS no mapeamento planimétrico foi iniciada em convênio entre o INPE/DSG. Neste caso, a imagem na esc. 1:250.000 serve como fundo, sendo os temas lançados a seguir, manualmente.

#### 9.3.2 - NO MAPEAMENTO PLANIALTIMÉTRICO

Neste caso, os efeitos do relevo são levados em conta, por meio de um MNT (5) (Modelo Numérico de Terreno, é composto por uma grade regularmente espaçada com as cotas de cada ponto, seu uso permite a inclusão de altitude de cada ponto no modelo de correção) obtido por meio de formação de pares estereoscópicos de imagens.

#### 9.3.3 - NO MAPEAMENTO TEMÁTICO

A utilização de imagens orbitais no mapeamento temático apresenta um grande potencial. Neste caso, a imagem deve ser inicialmente corrigida para a projeção cartográfica desejada. A seguir, por meio de um sistema computacional para processamento de imagem, uma nova imagem é gerada. Esta nova imagem tanto pode ser uma imagem classificada (onde os diversos temas são separados), ou o resultado de algoritmo de combinações entre as diferentes bandas espectrais, por exemplo, as composições coloridas geradas a partir de imagem "razão entre bandas", muito úteis em mapeamento geológico. Finalmente, produz-se um documento cartográfico com a imagem resultante.

Vale ressaltar, para o fim temático, que as imagens LANDSAT-TM apresentam vantagens com relação ao produto SPOT, devido

ao maior número de bandas espectrais e maior potencial temático.

#### **9.3.4 - CARTA IMAGEM**

As Cartas-imagens são imagens de satélite no formato de folhas de carta. Neste tipo de produto as cenas de satélites são ligadas digitalmente para cobrir a área requisitada, e subseccionadas em unidades de folhas de cartas.

As unidades de folhas de carta são suplementadas por anotações relativas às coordenadas e informações auxiliares que são extraídas de outros mapas ou cartas, para posteriormente serem reproduzidos numa escala média. As Cartas-imagem de satélite são derivadas de imagens dos satélites SPOT e LANDSAT corrigidas com alta precisão geométrica e radiométrica.

Na Carta-imagem de satélite a imagem é produzida em preto e branco a partir de única banda espectral ou a cores a partir da utilização de 3 bandas espectrais. A imagem é realçada por filtragens e métodos estatísticos.

A parte interna de uma carta-imagem de satélite normalmente não contém qualquer outro tipo de informação que não seja o próprio conteúdo da imagem.

O referido produto têm suas aplicações em diferentes áreas de empreendimentos como por exemplo aplicações florestais, Inventário de Recursos Naturais, Planejamento e Gerenciamento do uso da terra, etc.. As vantagens apresentadas por este tipo de produto para a atualização cartográfica são evidentes, especialmente em áreas onde as cartas tradicionais encontram-se desatualizadas ou inexistem.

Cabe aos clientes a especificação da projeção da carta e do elipsóide de referência a ser utilizado. Através de solicitação, poderão ainda ser realizados processamentos suplementares visando realçar as imagens, em benefício de trabalhos de interpretação especializada, como geológico ou de análise da vegetação, por exemplo.

As Cartas-imagens de satélite podem ser apresentadas em escalas padrão, de acordo com as delimitações da latitude/longitude ou X/Y.

**(5) - MNT - Modelo Numérico de Terreno - Fleotiaux 1979 - Revista Brasileira de Cartografia - Janeiro/87 pag. 75**