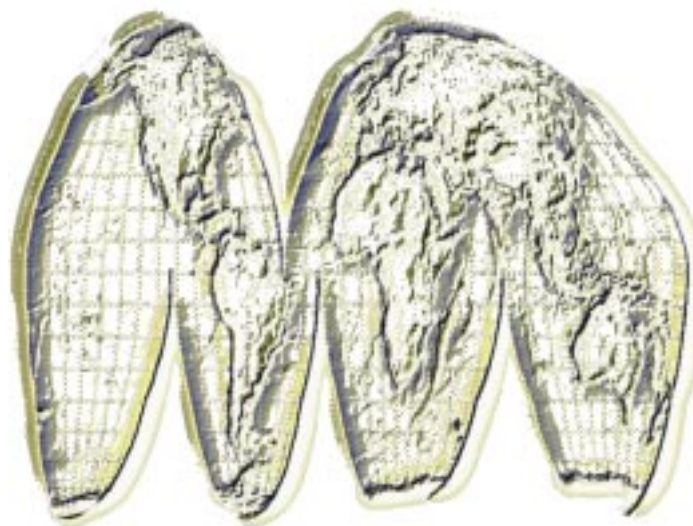


Elementos de Cartografia



Marcos A. Timbó

Departamento de Cartografia



UFMG

2001

OBJETIVOS

O objetivo das presentes notas é apresentar os conhecimentos básicos de Cartografia que são indispensáveis para pesquisadores e profissionais que atuam na área de Geoprocessamento. As notas foram elaboradas para dar suporte às aulas de Cartografia de forma que ao término do curso o estudante seja capaz de:

Entender os elementos e conceitos fundamentais de Cartografia

Ler e interpretar mapas, cartas e plantas topográficas

Elaborar mapas e plantas simplificadas

Atualizar e complementar mapas, cartas e plantas topográficas

SUMÁRIO

1 – Apresentação.....	1
2 - Conceito e campos de aplicação da Cartografia	2
3 - Ciências e tecnologias de suporte.....	2
4 - Representação cartográfica do planeta Terra.....	8
4.1 - Modelo forma e dimensões da Terra.....	8
4.2 - Datum horizontal.....	12
4.3 - Datum vertical	13
4.4 - Sistema de coordenadas geodésicas.....	16
4.5 - Sistema de coordenadas tridimensionais X, Y e Z.....	17
4.6 - Algumas medidas na esfera terrestre.....	17
4.7 - Orientação terrestre (azimutes e rumos).....	18
4.8 - Sistema de coordenadas planas cartesianas.....	19
4.9 - Sistema de projeção cartográfica.....	19
5 - Sistema geodésico brasileiro.....	24
6 - O mapeamento sistemático nacional.....	29
7 - Etapas da produção de mapas topográficos.....	32
8 - Interpretação de cartas topográficas.....	34
9 - Precisão cartográfica.....	50
10 - Atualização de cartas e plantas topográficas.....	51
11 - Referências bibliográficas.....	52
12 - Questões de avaliação.....	53
13 - Práticas de laboratório.....	54

1 - APRESENTAÇÃO

Nos dias atuais existe um grande consenso de que a informação é um dos recursos mais estratégicos e mais valiosos para a condução de qualquer tipo negócio ou projeto, seja de natureza pública ou privada, seja de abrangência global, nacional, regional, local e até mesmo pessoal. Nenhum País, Estado ou Município atingirá seu pleno desenvolvimento se não dispuser de informações atualizadas, precisas e sinópticas sobre a natureza a quantidade e a distribuição geográfica dos seus recursos naturais e das riquezas geradas pelo seu povo. O Geoprocessamento nasceu, cresceu e está em franco desenvolvimento por conta desta filosofia de que a informação organizada, correta e disponível de forma ágil é indispensável para planejar e tomar decisões importantes. O dito popular de que “informação é poder” nunca foi tão verdadeiro e ganhou um vigor renovado em relação à informação geográfica com o advento das novas ferramentas de Geoprocessamento.

Em um enfoque bem abrangente Geoprocessamento é o conjunto de atividades que lidam com aquisição tratamento, interpretação e análise de dados sobre a Terra. Observando, porém, por um prisma mais restrito, Geoprocessamento caracteriza-se por aplicações transdisciplinares em diversas áreas, apoiadas pela utilização de tecnologias de ponta como satélites de observação da Terra, sensores remotos aerotransportados, técnicas de mensuração e coleta de dados através do sistema GPS, estações totais e medidores a laser, contando ainda, com o apoio de sofisticados periféricos e programas de informática em ambientes integrados para gerenciamento de fatos e fenômenos geográficos.

O Geoprocessamento dispõe de valiosas ferramentas para aplicações em praticamente todas as áreas que lidam com recursos geograficamente distribuídos, sempre que a posição tiver importância na atividade, as ferramentas de Geoprocessamento podem ajudar. Áreas como a Engenharia, Geografia, Geologia, Pedologia, Agricultura, Arquitetura, Navegação, Turismo, Meteorologia, Transportes, Urbanismo, além de muitas outras, têm se beneficiado bastante das ferramentas oferecidas pelo Geoprocessamento.

A Cartografia tem um papel de relevância fundamental dentro do Geoprocessamento, pois o mapa é o principal meio de apresentação dos resultados, sendo a forma de visualização mais natural e de interpretação mais intuitiva. As operações espaciais necessárias às funções de Geoprocessamento (interseção, união, fusão, etc.) são mais facilmente executadas através de mapas, além disso, tradicionalmente já existe uma enorme quantidade de informações sob a forma de mapas e cartas, tanto no formato digital como em papel.

Observa-se que muitos profissionais ao se iniciam na área de Geoprocessamento, visando tirar proveito destas novas e valiosas ferramentas para aumentar a produtividade e agilizar suas atividades, têm sido atropelados pela falta de entendimento de alguns conceitos relacionados a mapeamento e a cartografia. Para fazer face a estas dificuldades foram compiladas estas breves notas que, acompanhadas das aulas da disciplina, procuram suprir parte da deficiência e fornecer uma visão geral da ciência da Cartografia num enfoque direcionado para as questões ligadas a Geoprocessamento.

2- CONCEITO E CAMPOS DE APLICAÇÃO DA CARTOGRAFIA

Dentre os vários conceitos de Cartografia compilados da literatura pertinente destacamos a definição abaixo que sintetiza os aspectos mais importantes da disciplina.

Cartografia é a Ciência e Arte que se propõe a representar através de mapas, cartas e outras formas gráficas (computação gráfica) os diversos ramos do conhecimento do homem sobre a superfície e o ambiente terrestre. Ciência quando se utiliza do apoio científico da Astronomia, da Matemática, da Física, da Geodesia, da Estatística e de outras Ciências para alcançar exatidão satisfatória. Arte, quando recorre às leis estéticas da simplicidade e da clareza, buscando atingir o ideal artístico da beleza

Pela definição, todo documento cartográfico seja ele em papel ou no formato digital deve guardar um compromisso com a exatidão. Esta exatidão deve ser compatível com a escala de representação e/ou com outros aspectos específicos. Quando extraímos uma informação do documento cartográfico, podemos quantificar o erro em termos de posição geográfica, comprimento ou área. De forma similar, as informações apresentadas na carta devem ser claras, logicamente organizadas e de fácil leitura e interpretação.

A Cartografia destaca-se como uma das mais antigas ciências de que se tem conhecimento, pode-se dizer que ela teve origem na mais remota antiguidade, quando o homem primitivo já sentia necessidade de registrar o espaço em sua volta a fim de marcar os lugares mais importantes para a sua sobrevivência. Ao registrar nas paredes das cavernas os locais onde havia abundância de água e alimentos, situações de perigo, redutos de outras tribos, etc., utilizando-se de instrumentos rudimentares, o homem primitivo estaria desenvolvendo um trabalho de cartografia na sua forma mais primitiva.

Desde então a Cartografia tem evoluído em seus métodos e instrumentos, de tal sorte que nos dias atuais lança mão de inúmeras ferramentas tecnológicas como medidores a laser, sensores remotos e satélites artificiais para produzir documentos cartográficos com as mais diferentes finalidades e para as mais diversas áreas de aplicações.

A Cartografia tem, nos dias atuais, aplicação em praticamente todas as áreas que lidam com recursos geograficamente distribuídos e para não tornar estas notas enfadonhas, citaremos apenas algumas das áreas mais comuns, como Engenharia, Geografia, Geologia, Pedologia, Agricultura, Arquitetura, Navegação, Transportes, Turismo, Meteorologia, Urbanismo, e por aí vai seguindo uma extensa e crescente lista.

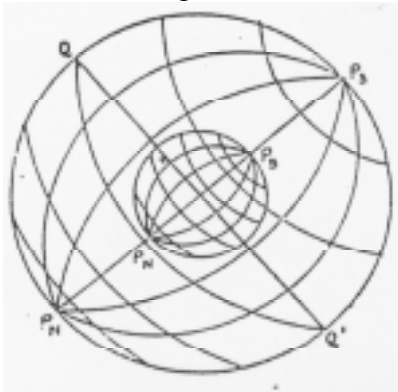
3 - CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS DE SUPORTE

Para bem cumprir seus objetivos a Cartografia se apoia em varias tecnologias e ciências, algumas já bem consolidadas e outras em constante evolução. Destacamos aqui as mais significativas.

ASTRONOMIA

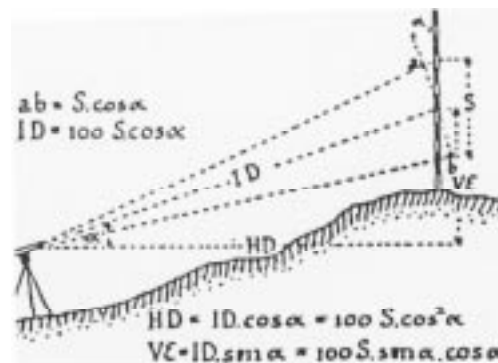
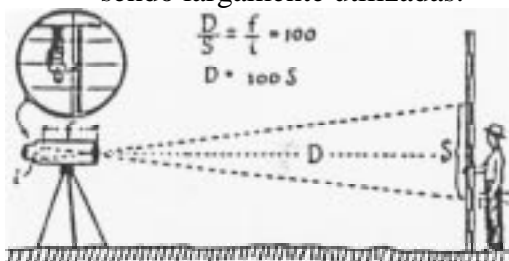
A astronomia é a mais antiga ciência de suporte à Cartografia. Utilizada para determinar a posição geográfica (latitude, longitude e orientação) de pontos e feições da superfície terrestre. Os observatórios astronômicos, desde remotas datas, determinam e divulgam as coordenadas das estrelas em relação à Esfera Celeste. Um observador na Terra, ao observar uma estrela de coordenadas já conhecidas e utilizando trigonometria esférica, pode determinar as coordenadas geográficas de sua posição terrestre.

Em 27 de abril de 1500, mal haviam sido enrolados os panos das caravelas ancoradas na Terra de Vera Cruz, João Emenelaus, físico da esquadra de Cabral, desceu a terra e por meio do astrolábio tomou a altura do Sol ao meio dia e determinou a latitude de 17 graus para o local de desembarque (Cêurio de Oliveira, 1993). Nos dias atuais as medições astronômicas de posição foram praticamente substituídas por metodologias mais modernas que serão abordadas ao longo destas notas.



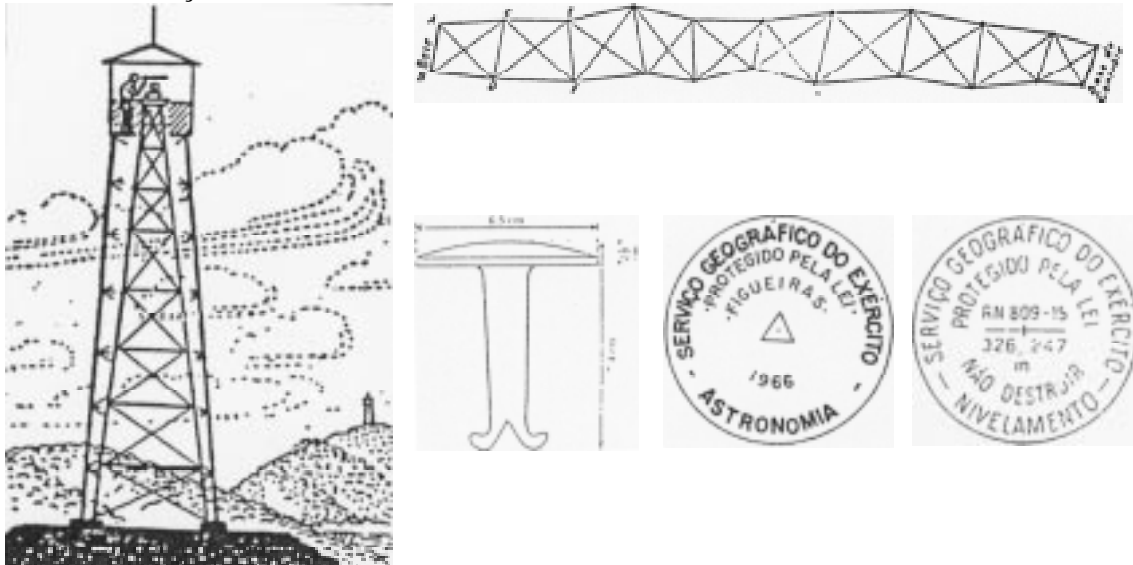
TOPOGRAFIA e AGRIMENSURA

Estas técnicas são utilizadas para determinar a posição tridimensional relativa de pontos terrestres. A Topografia e a Agrimensura atuam em pequenas extensões, por isso consideram a Terra plana. Utilizam instrumentos que medem ângulos e distâncias e calculam posições utilizando geometria e trigonometria plana. Com o recente desenvolvimento das estações topográficas automáticas (Estações Totais) estas técnicas ganharam bastante produtividade na aquisição de dados sendo largamente utilizadas.



GEODÉSIA

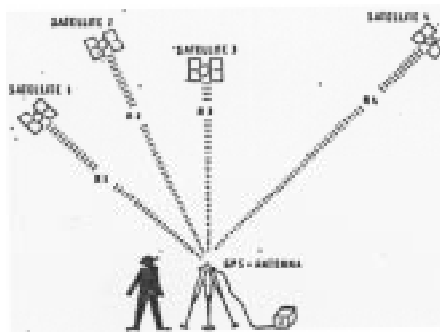
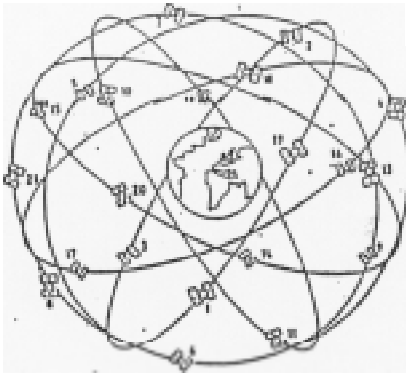
A Geodésia é a ciência que estuda a forma e as dimensões da Terra e estabelece o apoio geodésico básico (malha de pontos geodésicos com latitude, longitude e altitude de alta precisão) para dar suporte a elaboração de mapas. A Geodésia utiliza instrumentos semelhantes aos de Topografia, porém, dotados de alta precisão e associados a métodos sofisticados. Calcula posições utilizando cálculos geodésicos complexos, considerando a Terra como um elipsóide de revolução.



POSICIONAMENTO GLOBAL POR SATÉLITES

O Sistema de Posicionamento Global - GPS foi projetado de forma que em qualquer lugar do mundo e a qualquer instante existam pelo menos quatro satélites GPS acima do horizonte do observador. Esta situação garante a condição geométrica mínima necessária à determinação de posição em tempo real. Assim, qualquer usuário equipado com um receptor/processador de sinais GPS poderá determinar sua posição em tempo real. O Sistema GPS é constituído por 3 segmentos distintos a saber: Segmento Espacial, Segmento de Controle e Segmento do Usuário.

O segmento espacial é composto por 24 satélites, orbitando a uma altitude aproximada de 20.000 km, distribuídos em seis planos orbitais com inclinação de 55° em relação ao plano do Equador e com um período de revolução de 12 horas siderais. A função do segmento espacial é gerar e transmitir os sinais GPS (códigos, portadoras e mensagens de navegação).



O segmento de controle é responsável pela operação do Sistema GPS. Este segmento é constituído por estações de monitoramento espalhadas pelo mundo que rastreiam continuamente todos os satélites visíveis, a função principal deste segmento é atualizar a mensagem de navegação transmitida pelos satélites.



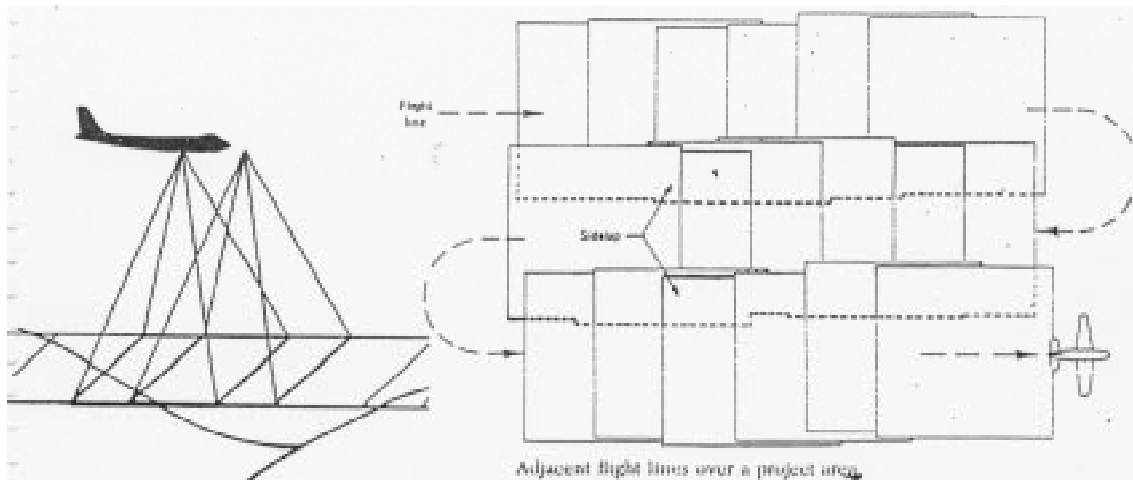
O segmento do usuário refere-se a tudo que se relaciona com a comunidade usuária para determinação de posição, velocidade ou tempo. São os receptores, algoritmos, programas, metodologias e técnicas de levantamento, etc.

O sistema GPS é capaz de fornecer posições geográficas com baixa, média ou alta precisão de acordo com o instrumental e a metodologia utilizados na coleta e processamento dos sinais.



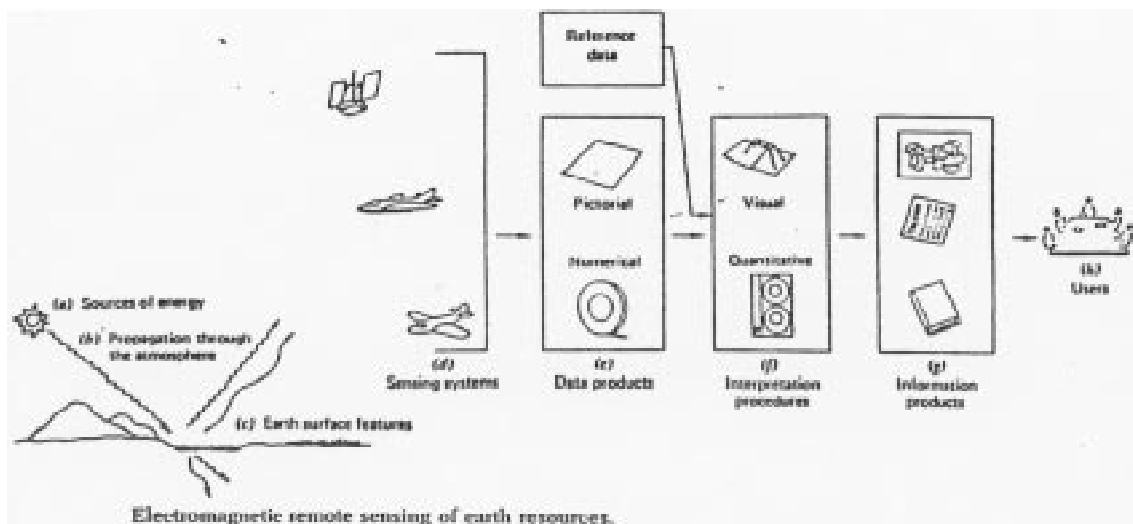
FOTOGRAMETRIA

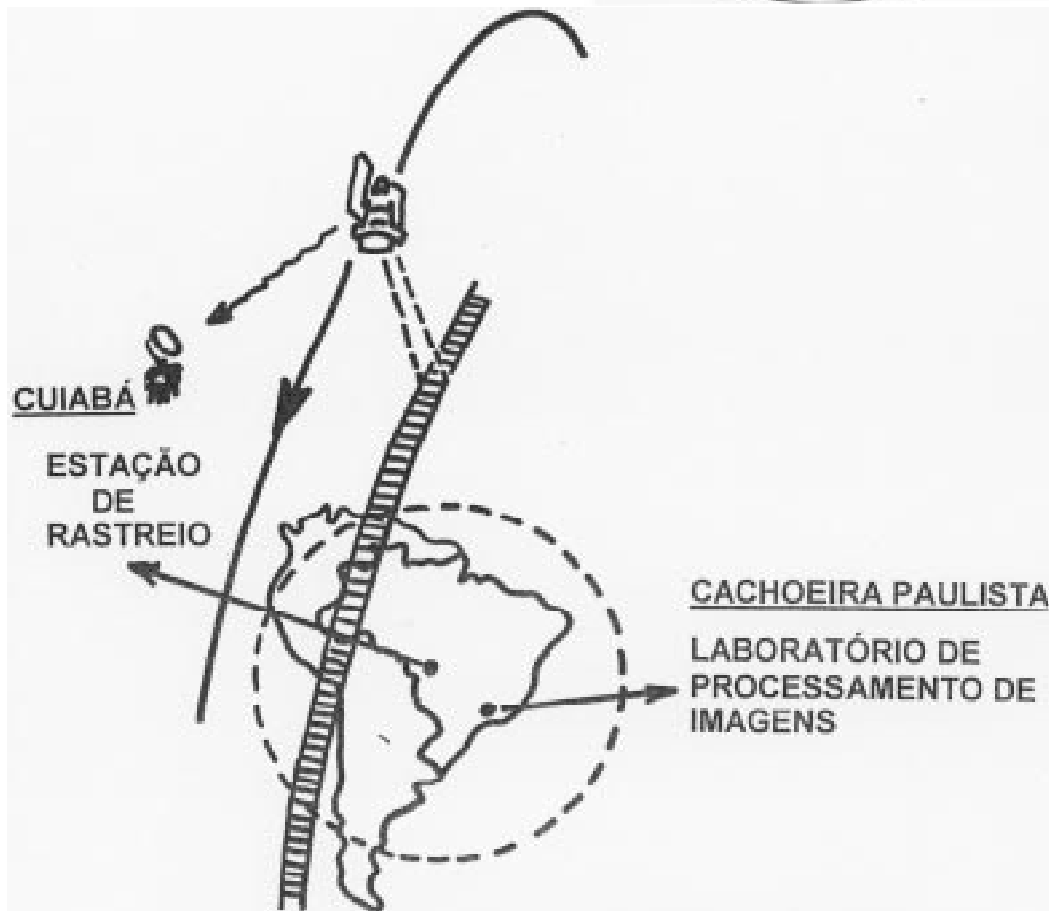
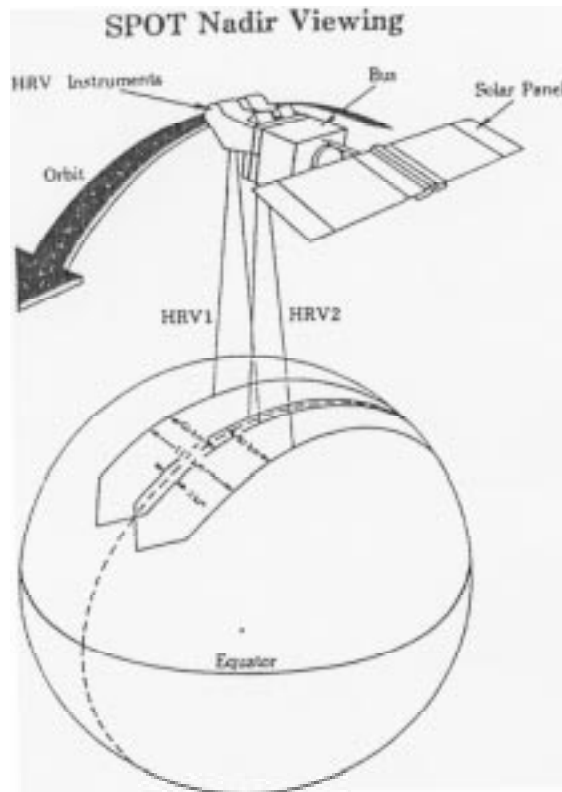
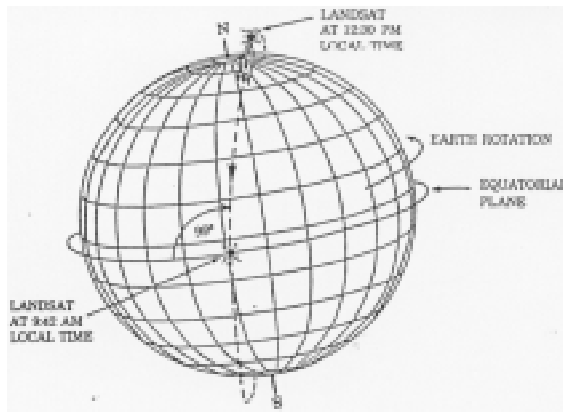
A Fotogrametria é a técnica utilizada para obtenção de medidas terrestres precisas através de fotografias especiais, obtidas com câmaras métricas e com recobrimento estereoscópico. É largamente utilizada em Cartografia para elaboração de mapas e cartas topográficas, bem como, para produção de modelos digitais de terreno.



SENSORIAMENTO REMOTO

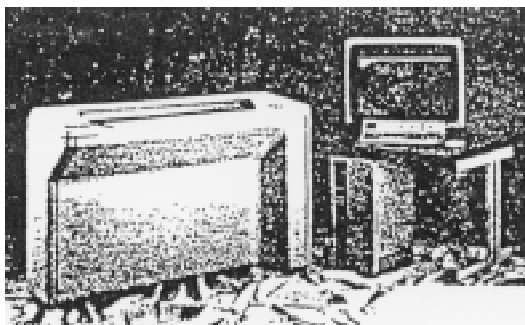
Ciência e técnica que se utiliza de modernos sensores, equipamentos e programas de processamento e transmissão de dados, aeronaves e espaçonaves para fins de estudo do ambiente terrestre por meio do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta em suas mais diversas manifestações. O Sensoriamento Remoto veio complementar o método fotogramétrico, principalmente para atualização de mapas e mostrou seu grande valor na obtenção de informações temáticas.





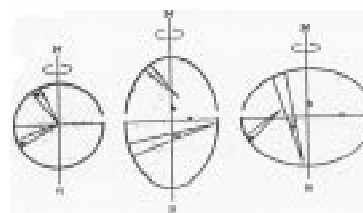
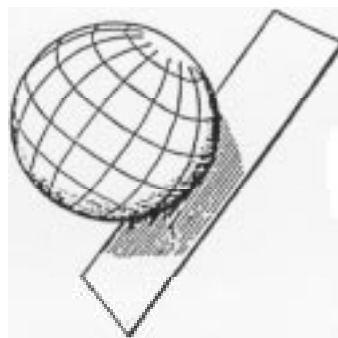
CIÊNCIA da COMPUTAÇÃO

O advento e desenvolvimento da computação nas últimas décadas veio contribuir para um grande salto qualitativo da Cartografia. Dentro deste tópico podem ser destacados os seguintes avanços: desenvolvimento das ferramentas de computação gráfica, algoritmos para processamento digital de imagens, sistemas de gerenciamento de bancos de dados, Softwares para sistemas de informações geográficas, mesas digitalizadoras, scanners de grande formato, plotters e fotoplotters de alta resolução, dentre outros.



4 - REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA DO PLANETA TERRA

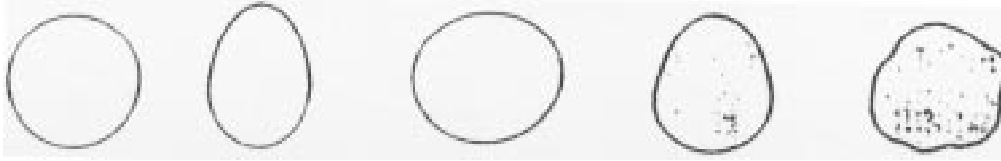
Para representar a superfície da Terra (esferóide) através de mapas (planos) é necessário antes de mais nada abordar os três aspectos fundamentais a saber: 1) definir sua forma matemática para permitir medidas e cálculos; 2) estabelecer um sistema de conversão (projeção) das medidas feitas ou calculadas na superfície curva do planeta para o plano cartográfico (mapa) e; 3) adotar uma escala de representação para os objetos e feições, no caso de documentos impressos, tendo em vista não ser possível a representação em verdadeira grandeza.



4.1 - MODELO FORMA E DIMENSÕES DA TERRA

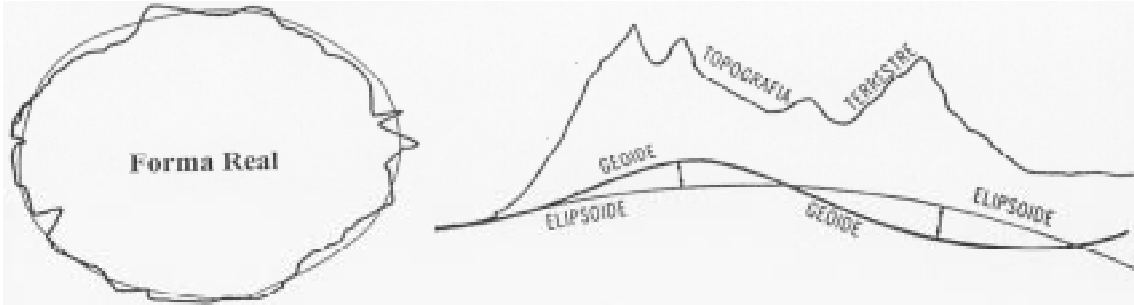
Especulações sobre a forma da Terra, muito embora revestidas de roupagens místicas, remontam aos primórdios da civilização. Os primeiros seres inteligentes já olhavam para o universo infinito e questionavam de alguma forma a situação do nosso planeta dentro de toda esta incomensurável grandeza. Sabe-se hoje que a Terra tem, na verdade, uma forma bastante complexa, porém, podemos simplificá-la em algumas formas mais

regulares para fins de representação cartográfica sem que isto cause prejuízos significativos. As formas de interesse para representação cartográfica são:



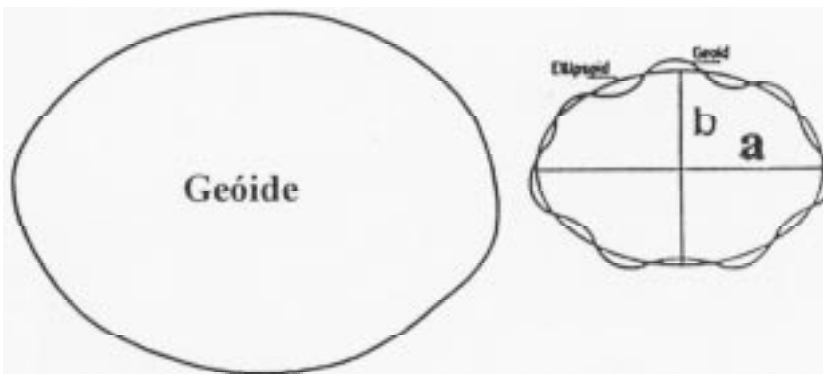
SUPERFÍCIE TOPOGRÁFICA

Forma verdadeira da Terra com suas montanhas, vales, oceanos e outras incontáveis saliências e reentrâncias geográficas. É a superfície física (de existência real) onde são executadas as medições e observações cartográficas.



GEOÍDE

Forma verdadeira da Terra subtraída das montanhas e vales, considerando que estes elementos são muito pequenos (máximo 10 km) em relação ao diâmetro da Terra (13.000 km). A superfície do geóide não tem definição matemática, é aproximadamente esférica com suaves ondulações e achatada nos pólos, sendo o diâmetro equatorial cerca de 43 km maior que o diâmetro polar. O Geóide é definido como sendo a superfície do nível médio das águas tranquilas dos mares prolongada sob os continentes. É utilizada como a referência padrão para as medidas de altitudes



ESFERA

É a forma da Terra definida matematicamente como sendo uma simplificação do Geóide, considerando que o achatamento da Terra é muito pequeno (43 km em relação a 13.000 km de diâmetro). É a forma considerada algumas vezes pela Geodésia para cálculos auxiliares e trabalhos simplificados.



ELIPSÓIDE DE REVOLUÇÃO

O Elipsóide de Revolução é definido como sendo o sólido geométrico gerado por uma elipse que gira em torno do seu eixo menor (eixo polar). Constitui a forma definida matematicamente que mais se aproxima da forma verdadeira da Terra, portanto é, dentre todas, a forma que permite a maior precisão de representação da Terra. Os mapas e cartas topográficas, o sistema GPS e a grande maioria dos sistemas e processos envolvidos em cartografia e navegação, trabalham sobre o modelo elipsóidico terrestre. Esta é a forma padrão considerada pela Geodesia para trabalhos de precisão.

Elipse é a curva definida pelo lugar geométrico dos pontos do plano onde a soma dos raios vetores que partem dos focos é uma constante de valor igual ao dobro do semi-eixo maior da elipse $(r_1 + r_2 = 2a)$ a equação da elipse é dada por $X^2/a^2 + Y^2/b^2 = 1$ onde

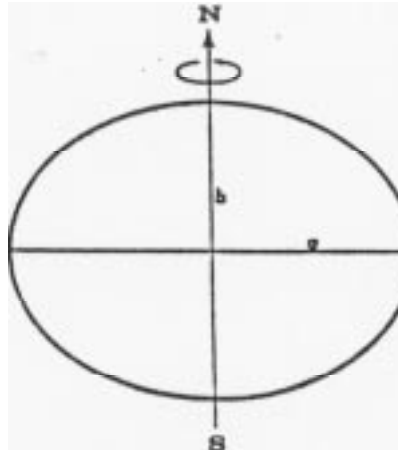
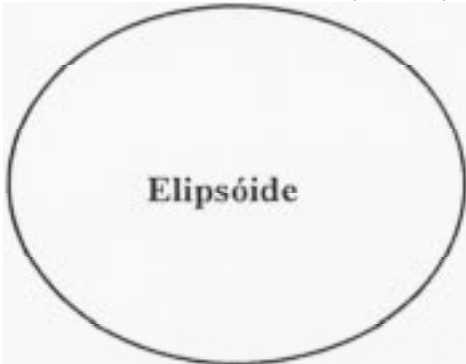
Raios vetores r_1, r_2

Semi-eixo maior a

Semi-eixo menor b

Achatamento $f = (a-b)/a$

Excentricidade $\epsilon = [(a^2 - b^2) / a^2]$



PLANO

É a forma mais simplificada de todas, servindo apenas para representação local até um raio aproximado de 50 Km, considerando que a curvatura da Terra é muito pequena em relação a esta extensão. Neste caso, todas as medidas feitas no terreno são simplesmente projetadas em um plano horizontal tangente à superfície terrestre local (Plano Topográfico).

OUTROS CONCEITOS PERTINENTES À FORMA DA TERRA

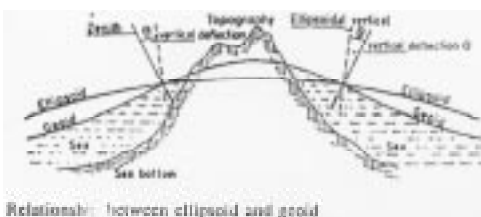
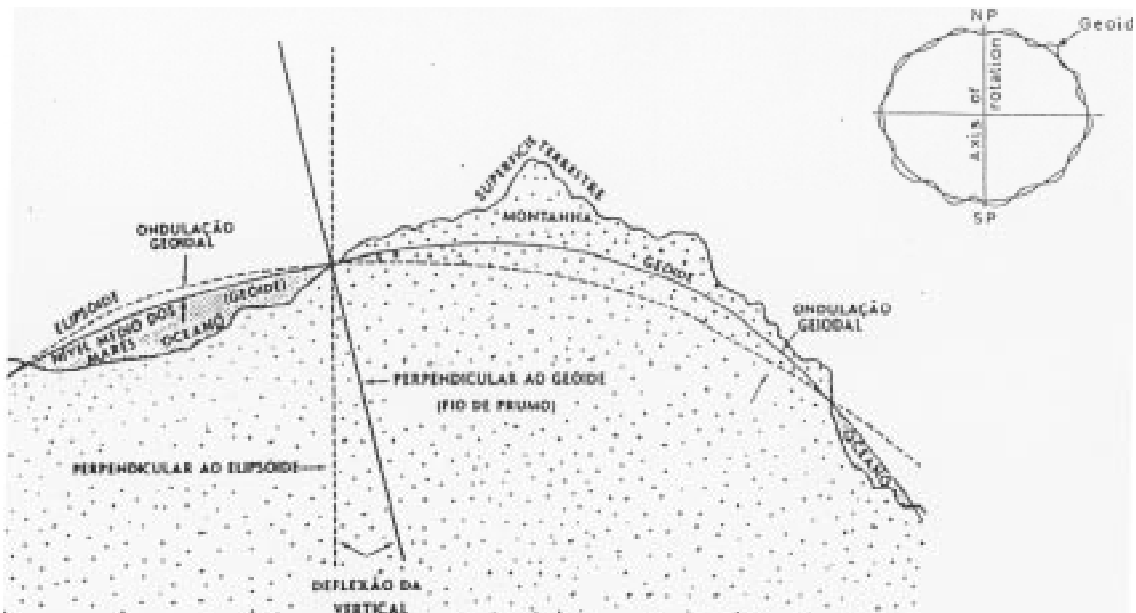
Superfícies Equipotenciais – Lugar geométrico dos pontos do espaço de mesmo potencial da gravidade.

Vertical do Lugar – Direção do fio de prumo, perpendicular á superfície equipotencial no lugar considerado.

Normal ao Elipsóide – Direção perpendicular à superfície do elipsóide de revolução no lugar considerado.

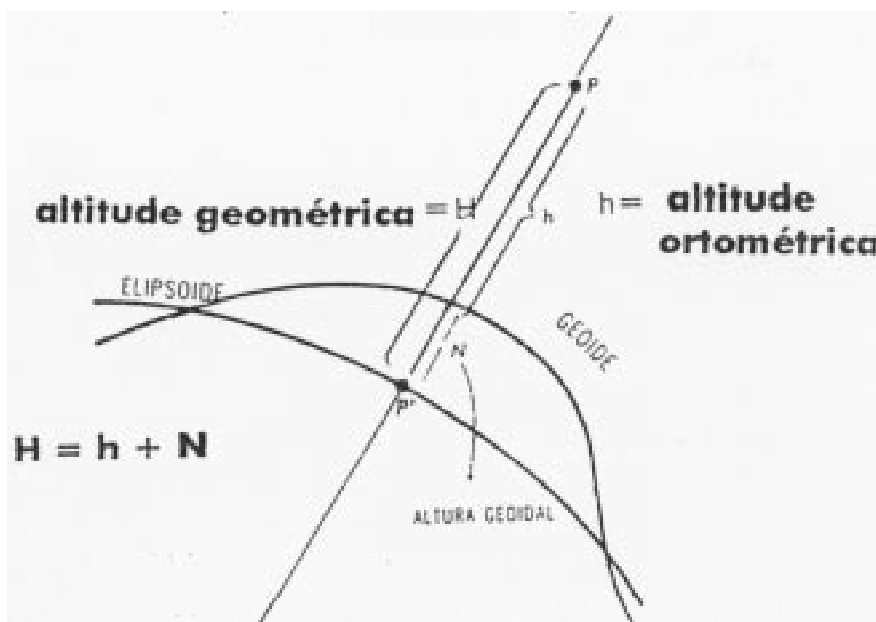
Desvio da Vertical – Ângulo formado entre a Vertical do Lugar e a Normal ao Elipsóide de Revolução no lugar considerado.

Altura Geoidal ou Ondulação Geoidal (N) – Desnível da superfície do geóide acima ou abaixo da superfície de um determinado elipsóide. O conhecimento da Altura Geoidal é de suma importância nas medições altimétricas através do Sistema GPS, pois a altitude GPS refere-se ao elipsóide de revolução. Para ficar referida ao geóide, a altitude GPS deve ser subtraída da altura geoidal no ponto considerado.



Relationship between ellipsoid and geoid





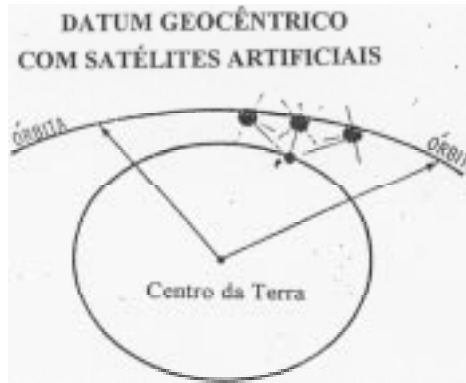
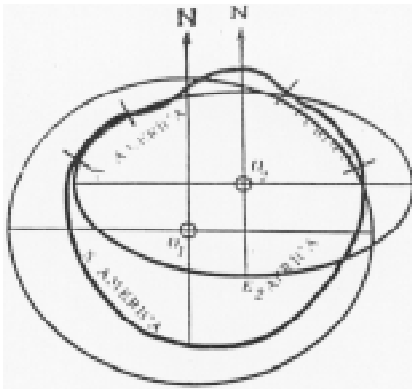
DATUM HORIZONTAL

Concluiu-se ao longo dos anos que o modelo matemático mais adequado para a representação da Terra é o elipsóide de revolução, porém, vários países e continentes adotaram elipsóides de parâmetros ligeiramente diferentes, com objetivo de que se ajustassem localmente melhor às suas regiões específicas e produzissem resultados locais mais precisos. Portanto, o modelo da Terra usado pelos Estados Unidos é um elipsóide diferente do elipsóide usado pelo Brasil que é, por sua vez diferente do usado pela Rússia. Assim, existem vários modelos locais e a adoção de um modelo global, que seria ideal, esbarra nas fronteiras políticas.

Define-se Datum Horizontal como um sistema de referência padrão adotado por um país, uma região ou por todo o planeta ao qual devem ser referenciadas as posições geográficas (latitude e longitude ou coordenadas cartesianas). É fundamental que os dados geográficos de um mesmo projeto de Geoprocessamento estejam referenciados ao mesmo Datum Horizontal para evitar incompatibilidades. Um datum é constituído pela adoção de um ELIPSÓIDE DE REFERÊNCIA que representará a figura matemática da Terra, um PONTO GEODÉSICO ORIGEM e um AZIMUTE inicial para fixar o sistema de coordenadas na Terra e servir como marco inicial das medições de latitudes e longitudes. O critério para escolha do Ponto Geodésico Origem é a máxima coincidência entre a superfície do geóide e do elipsóide. Portanto, um mesmo ponto do terreno terá valores de coordenadas diferentes quando referidas a diferentes Datum.

No Brasil lidamos basicamente com três datum, a saber: SAD-69, que é o datum local oficial; Córrego Alegre, que é o datum local mais antigo, referenciados ao qual existem, ainda, vários trabalhos; e WGS-84, que é o datum mundial (global) utilizado pelo Sistema GPS.

O WGS-84 é dito um datum global e geocêntrico pois o elipsóide adotado (GRS80) ajusta-se à Terra como um todo e a origem dos seus eixos coordenados é no geocentro. No datum global o elipsóide é fixado à Terra pelo Equador e meridiano de Greenwich (não necessita de Ponto Geodésico Origem nem de Azimute inicial)



CONVERSÃO DE DATUM HORIZONTAL

Conhecendo-se os parâmetros de transformação, é possível converter posições de um datum para outro e vice-versa, através de equações simples. A maioria dos Softwares de Geoprocessamento trazem facilidades para conversão entre os datum mais conhecidos e utilizados no mundo .

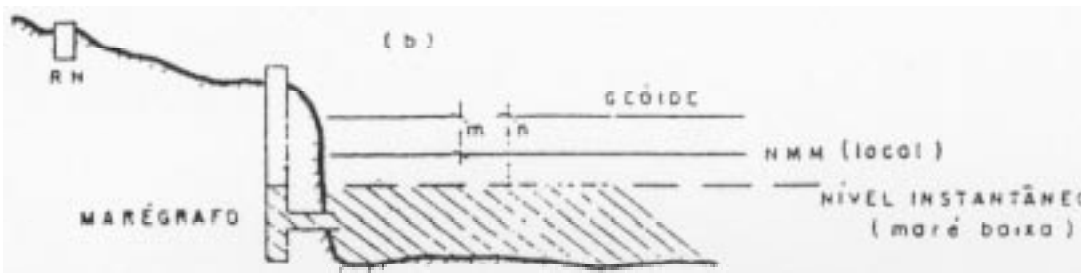
Cabe ressaltar que, salvo numa aproximação grosseira, não tem sentido falar em posição geográfica (latitude, longitude ou coordenada plana cartesiana X e Y ou N e E) sem mencionar o datum horizontal

4.3 - DATUM VERTICAL

As altitudes são referidas ao nível médio das águas tranqüilas dos mares, ou seja, à superfície do geóide. Porém, como ocorre com o datum horizontal, cada país mede e adota o seu próprio nível do mar. O nível do mar sofre influência de vários fatores tais como ventos, atração do Sol e da Lua, densidade das massas continentais e dos fundos do oceano, correntes marítimas, etc. Para obter um valor preciso é necessário tomar medidas da variação das marés durante um período de aproximadamente 19 anos.

Assim, DATUM VERTICAL um sistema padrão ao qual devem ser referenciadas as altitudes de um país ou região. Geralmente é a média das observações de um marégrafo que tem o registro das variações de marés por um período de pelo menos 19 anos. É fundamental que os dados altimétricos de um mesmo projeto estejam referenciados ao mesmo Datum para evitar incompatibilidades.

Cabe ressaltar que, salvo numa aproximação grosseira, não tem sentido falar em altitude sem mencionar o datum vertical de referência.



ELIPSÓIDES DE REVOLUÇÃO

A = Astronômico; G = Gravimétrico; AG = Astrogeodésico

S = Satélites artificiais; & = Método combinado.

	Autor	Ano	a	a^{-1}	Met.
1	Bouguer, Maupertius	1738	6.379,300	216,8	AG
2	Comissão de Pesos e Medidas	1800	6.375.739	334,0	AG
3	Laplace	1800		278,0	AG
4	Laplace	1802		305	A
5	DElambre	1810	6.376.523	308,6	AG
6	Walbeck	1819	6.376.896	302,8	AG
7	Schmidt	1829	6.376.959	297,5	AG
8	Everest	1830	6.377.276	300,80	AG
9	Airy	1830	6.377.563	299,3	AG
10	Bessel	1841	6.377.397	299,15	AG
11	Everest	1847	6.376.701	311,04	AG
12	James & Clarke	1856	6.377.936	297,72	AG
13	Clarke	1857	6.378.345	294,26	AG
14	Schubert	1859		297,1	G
15	Pratt	1863	6.378.245	295,3	AG
16	Clarke	1866	6.378.206	294,98	AG
17	Fischer	1868	6.378.338	288,50	AG
18	Clarke	1878	6.378.199	293,2	AG
19	Clarke	1880	6.378.249	293,46	AG
20	Helmert	1884		299,25	G
21	Bonsdorf (A)	1888	6.378.444	298,6	AG
22	Darwin	1889		296,4	A
23	Darwin	1889		297,3	A
24	Ivanov	1889		297,2	G
25	Callandreau			297,4	A
26	Harkness	1891	6.378.039	300,20	AG
27	Helmert	1901		298,3	G
28	Mayford	1906	6.378.283	297,8	AG
29	Helmert	1907	6.378.200	298,3	AG
30	Hayford	1909	6.378.388	297,0	AG
31	Helmert	1915		296,7	G

ELIPSOIDES TERRESTRES DE REVOLUÇÃO

A = Astrométrico; G = Gravimétrico; AG = Astrogeodésico
 S = Satélites artificiais; & = Método combinado.

Autor	Ano	a	a ⁻¹	Met.
33 Bowie	1917		297,4	G
34 MacCaw	1924	6.378.300	296,2	
35 Heiskanen	1924		297,4	G
36 Heiskanen	1926	6.378.397	(297,0)	AG
37 De Sitter	1927		296,96	A
38 Heiskanen	1928		297,0	G
39 Heiskanen	1929		298,2	G
40 Krassowski	1936	6.378.245	298,6	AG
41 Isotov	1938	6.378.279	299,5	AG
42 De Sitter	1938		296,75	A
43 Heiskanen	1938		298,2	G
44 Shuraviev	1940		298,46	G
45 Krassowski	1940	6.378.245	298,3	AG
46 Heiskanen	1945		297,8	G
47 Schütte	1950		297,51	G
48 Ledersteger	1951	6.378.300	(297)	G
49 Jeffreys	1952		297,29	A
50 Spencer Jones	1953		297,3	A
51 Lieberman-Tanni	1955	6.378.160	(297,0)	&
52 A.H.S.	1956	6.378.240	(297,0)	AG
53 A.H.S.	1956	6.378.285	(297,0)	AG
54 Hough	1957	6.378.270	(297,0)	AG
55 Uotila	1957		297,1	G
56 O'Keefe	1958		298,3	a
57 Bucher	1958		297,7	a
58 Lecar, Sorenson, Eckels	1958		298,32	a
59 Merson, Hele	1958		298,1	a
60 Rushworth -Lower	1959	6.378.201	297,65	AG
61 Merson, Hele	1959		298,2	a
62 Blitzer	1959		297,6	a
63 Jacchia	1959		298,29	a
64 Fischer	1960	6.378.160	(298,3)	&
65 Cook	1960		298,24	a
66 Kozai	1960		298,3	a
67 Zhongolovitch	1960		298,2	a
68 King-Hele	1961		298,2	a
69 Kaula	1961	6.378.163	298,24	&
70 Bucher	1962		298,1	a
71 Rapp	1963	6.378.194	299,9	AG
72 SGR-67	1967	6.378.160	298,2	&
73 SCA-80	1980	6.378.137	298,2	&

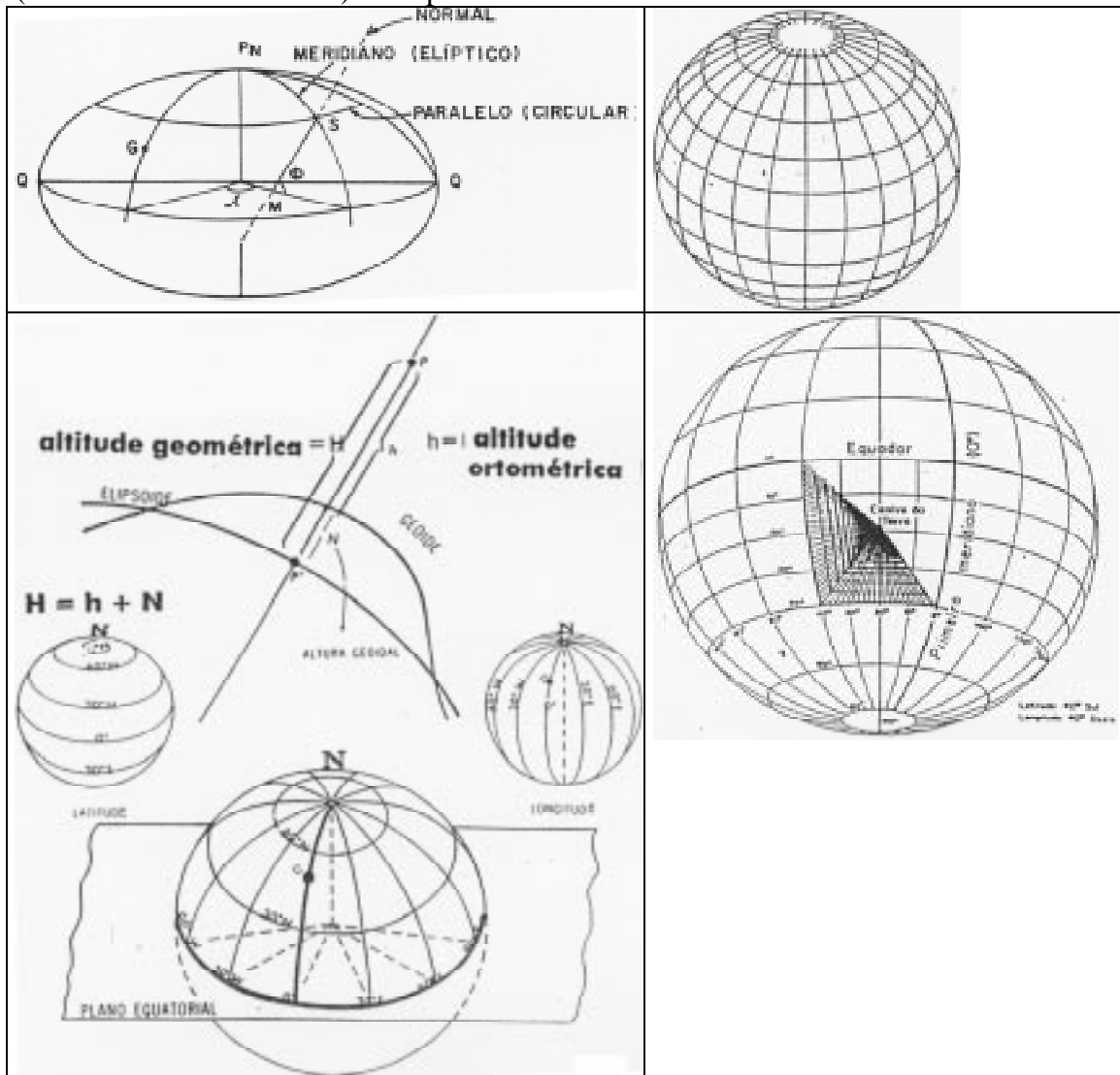
4.4 - SISTEMA DE COORDENADAS GEODÉSICAS

O sistema de coordenadas geodésicas constitui um sistema eficiente para localização inequívoca da posição de objetos, fenômenos e acidentes geográficos na superfície terrestre. Neste sistema a Terra é dividida em círculos paralelos ao Equador chamados PARALELOS e em elipses que passam pelos pólos terrestres (perpendiculares aos paralelos) chamadas MERIDIANOS. Cada ponto na Terra terá um único conjunto de coordenadas geodésicas definidas por:

Latitude Geográfica ou Geodésica (ϕ): ângulo entre a normal ao elipsóide no ponto considerado e sua projeção no plano equatorial. É medido no plano do meridiano que contém o ponto considerado. Positiva a Norte (0 a $+90^\circ$), negativa Sul (0 a -90°)

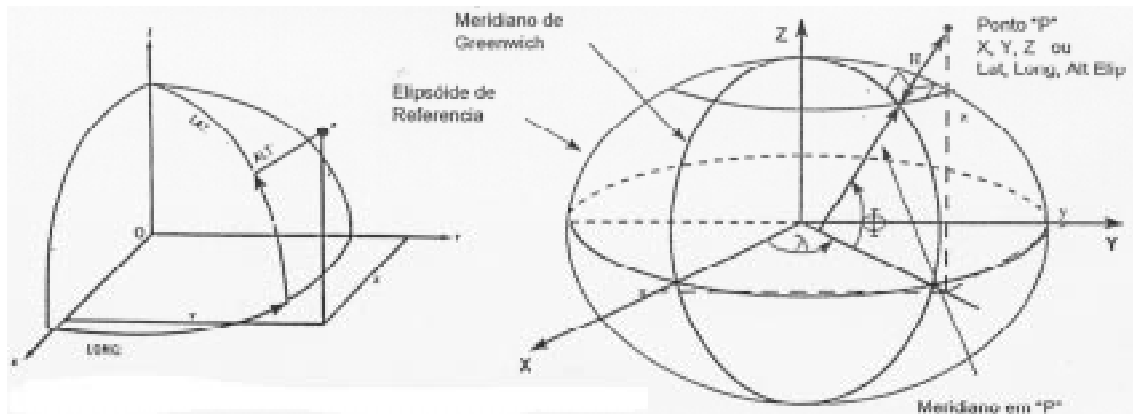
Longitude Geográfica ou Geodésica (λ): ângulo diedro entre os planos do meridiano de Greenwich e do meridiano que passa pelo ponto considerado. Positiva a Este (0 a $+180^\circ$), negativa a Oeste (0 a 180°)

Altitude Ortométrica (H): distância vertical que se estende do nível médio do mar (Geóide = Datum Vertical) até o ponto considerado.



4.5 - SISTEMA DE COORDENADAS TRIDIMENSIONAIS (X, Y e Z)

Constitui um sistema de três eixos cartesianos ortogonais (X,Y,Z) muito utilizado pelos satélites artificiais (GPS) para cálculo de posições, utilizando geometria tridimensional. As principais características do sistema são:
Origem dos eixos no centro de massa da Terra (Geocentro)
Eixo X coincidente com o traço do meridiano de Greenwich no plano do Equador
Eixo Y ortogonal a X no plano do Equador 90° anti horário
Eixo Z coincide com o eixo de rotação da Terra



4.6 - ALGUMAS MEDIDAS NA ESFERA TERRESTRE

A título de curiosidade, para ganhar familiaridade com as grandezas terrestres apresentamos algumas medidas simplificadas e aproximadas utilizando o modelo esférico terrestre (modelo simplificado).

Comprimento de um grau de Latitude (Meridiano)

$$2 \times 3,141592(\text{PI}) \times 6378160\text{m} / 360 = \underline{111320 \text{ m}}$$

Comprimento de um grau de Longitude (Paralelo)

$$2 \times 3,141592(\text{PI}) \times 6378000 \times \cos(\text{Lat}) / 360 = \text{variável com a Latitude do lugar}$$

na Equador é igual ao grau de Latitude 111320 m

na Latitude de 45° = 78715 m

na Latitude de 60° = 55660 m

Distância entre dois pontos A e B na esfera terrestre

A menor distância entre dois pontos quaisquer, na esfera, é sempre aquela percorrida sobre o círculo máximo que passa pelos dois pontos. O arco de círculo máximo entre dois pontos é dado pela fórmula

$$\cos d = (\text{sen} a \cdot \text{sen} b) + (\text{cos} a \cdot \text{cos} b \cdot \text{cos} p)$$

d - arco de círculo máximo entre A e B

a - latitude de A

b - latitude de B

p - diferença de longitude entre A e B

EXEMPLO: encontrar a distância e o azimute entre Belo Horizonte e Fortaleza

Belo Horizonte: Lat $-19^{\circ}54'$, Long $-43^{\circ}54'$ Fortaleza: Lat $+36^{\circ}00'$,
Long $+140^{\circ}00'$

4.7 - ORIENTAÇÃO TERRESTRE (Azimutes e Rumos)

AZIMUTE

É o ângulo formado entre a direção Norte-Sul e uma direção terrestre. O azimute é sempre contado a partir do Norte, no sentido horário e varia de 0° até 360° . O azimute entre dois pontos na esfera é dado por

$$\cos A_z = (\sin b - \sin a \cdot \cos d) / (\cos a \cdot \sin d)$$

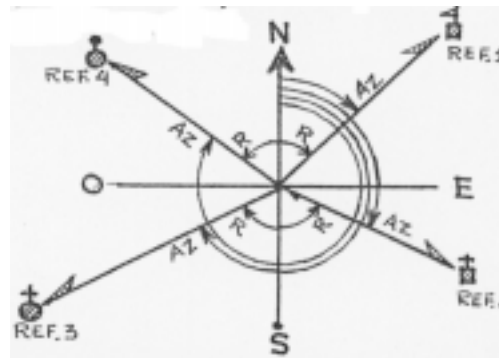
RUMO

É o menor ângulo que uma direção terrestre faz com a linha Norte Sul. O rumo pode ser contado do Norte ou do Sul (o que estiver mais próximo). Por isso nunca passa de 90° , vindo obrigatoriamente acompanhado da identificação do quadrante (NE, NW, SE, SW).

Exemplo. 80°NE , 40°SE , 30°SW , 10°NW .

CONVERSÃO DE AZIMUTES EM RUMOS

Primeiro quadrante (NE)	$R = Az$
Segundo Quadrante (SE)	$R = 180 - Az$
Terceiro quadrante (SO)	$R = Az - 180$
Quarto quadrante (NO)	$R = 360 - Az$



NORTE GEOGRÁFICO E NORTE MAGNÉTICO

Em um lugar qualquer, o Norte Geográfico é definido pela direção dos meridianos geográficos e o Norte Magnético é definido pela direção da agulha da bússola. O Polo Norte Magnético descreve um lento movimento, aproximadamente circular e de período secular, em torno do Polo Norte Geográfico considerado fixo. Existe, portanto, um ângulo entre o Norte da bússola e o Norte Geográfico. A magnitude deste ângulo depende da localização do observador na Terra. Todas as medidas de azimutes feitas a bússola são magnéticas, os azimutes obtidos nas cartas, mapas ou através de cálculos geodésicos são azimutes geográficos. Assim, quando se trabalha com os dois processos (caso da navegação) é necessário fazer a conversão. O ângulo de conversão é chamado Declinação Magnética e pode ser obtido através de cartas magnéticas ou de modelos digitais do campo magnético terrestre. É importante ressaltar que o Norte magnético sofre perturbações, é impreciso e as melhores

bússolas fornecem medidas com erro de, pelo menos, meio grau, portanto as bússolas só se prestam para orientações aproximadas.

4.8 - SISTEMA DE COORDENADAS PLANAS CARTESIANAS

O sistema de coordenadas esféricas, apesar de localizar pontos inequivocamente na superfície elipsóidica, se mostrou pouco prático para trabalhar com mapas planos, e assim foram estabelecidos sistemas de coordenadas planas cartesianas associados às projeções cartográficas, conforme será visto no próximo tópico. Os sistemas de coordenadas planas cartesianas têm a origem dos eixos coordenados estabelecidas em certos paralelos e meridianos terrestres e as coordenadas do sistema são medidas em metros, e não em graus. A coordenada X é chamada **Este (E)** e a coordenada Y é chamada **Norte (N)**. Cabe ressaltar que as coordenadas planas estão estritamente associadas ao sistema de projeção do mapa, cada coordenada plana corresponde a uma coordenada geográfica que foi transformada pelas equações do sistema de projeção. Não tem nenhum sentido falar em coordenada plana sem o mencionar o sistema de projeção que lhe deu origem.

4.9 - SISTEMA DE PROJEÇÃO CARTOGRÁFICA

As projeções cartográficas são uma necessidade imposta devido à impossibilidade de transformar uma superfície esferoidal (como a da Terra) em um plano (como o do mapa) sem provocar rupturas, estiramentos, dobras e outras deformações imprevisíveis. Um sistema de projeção cartográfica é uma transformação matemática executada sobre os pontos da superfície curva terrestre, de forma a representá-los sobre uma superfície plana provocando um mínimo de deformações. O modelo matemático teórico da Terra, nesse caso, é um elipsóide de revolução. As superfícies de projeção podem ser planos, cilindros ou cones, que podem, por sua vez, ser secantes ou tangentes à superfície elipsóidica, dependendo das propriedades que se deseja conservar ou realçar na transformação. A forma projetada (plana) de representação reúne uma série de vantagens sobre a forma elipsóidica original. Entretanto, qualquer projeção de uma superfície curva sobre um plano provoca algumas alterações nos comprimentos, nas formas ou nas áreas dos elementos originais. Um sistema que conserve algum destes atributos (por exemplo, distâncias), forçosamente deformará os demais (áreas e formas) e vice-versa. Deste modo, não existe um sistema de projeção ideal. Qualquer que seja o sistema escolhido, constituirá apenas a melhor forma de representação da superfície terrestre para um determinado objetivo. Entretanto, é bom lembrar, que as deformações são matemáticas e portanto são previsíveis, controláveis, calculáveis e corrigíveis em qualquer situação

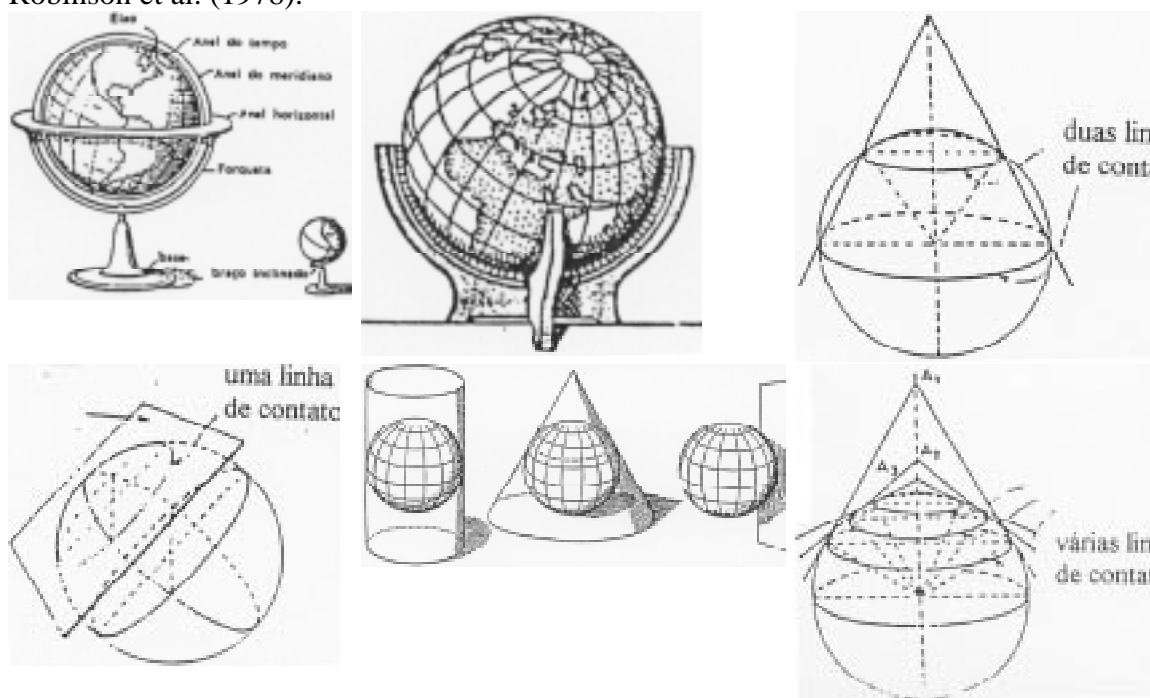
Existem inúmeras formas de classificação das projeções cartográficas. Um critério bastante utilizado pelos cartógrafos, é a divisão segundo os tópicos abaixo (Richardus e Adler, 1972).

1) Quanto às propriedades que conserva: equidistantes, equivalentes, conformes e afiláticas

- 2) Quanto a natureza da superfície de projeção: planas, cilíndricas e cônicas.
- 3) Quanto ao tipo de contato entre o elipsóide e a superfície de projeção: tangentes, secantes e polisuperficiais.
- 4) Quanto à posição da superfície de projeção em relação ao elipsóide terrestre: normal, transversa e oblíqua.

Apesar de obedecerem à classificação acima, as projeções cartográficas são mais conhecidas pelos nomes das pessoas que as desenvolveram, tais como projeção de Mercator, projeção conforme de Gauss, projeção de Robinson, etc.

A transformação dos pontos terrestres para o plano de projeção requer o estabelecimento de sistemas de coordenadas para garantir uma correspondência em ambas as superfícies. As coordenadas no modelo elipsóidico terrestre são expressas em termos de latitude e longitude geodésicas. As coordenadas no plano de projeção são expressas em um sistema cartesiano retangular com o eixo X positivo apontando para Este e eixo Y positivo apontando para Norte. A relação entre as coordenadas elipsóidicas e as coordenadas no plano são dadas pela lei matemática da projeção que é característica de cada sistema particular de projeção. Descrições matemáticas mais aprofundadas sobre projeções podem ser obtidas em Richardus e Adler (1972) e Robinson et al. (1978).

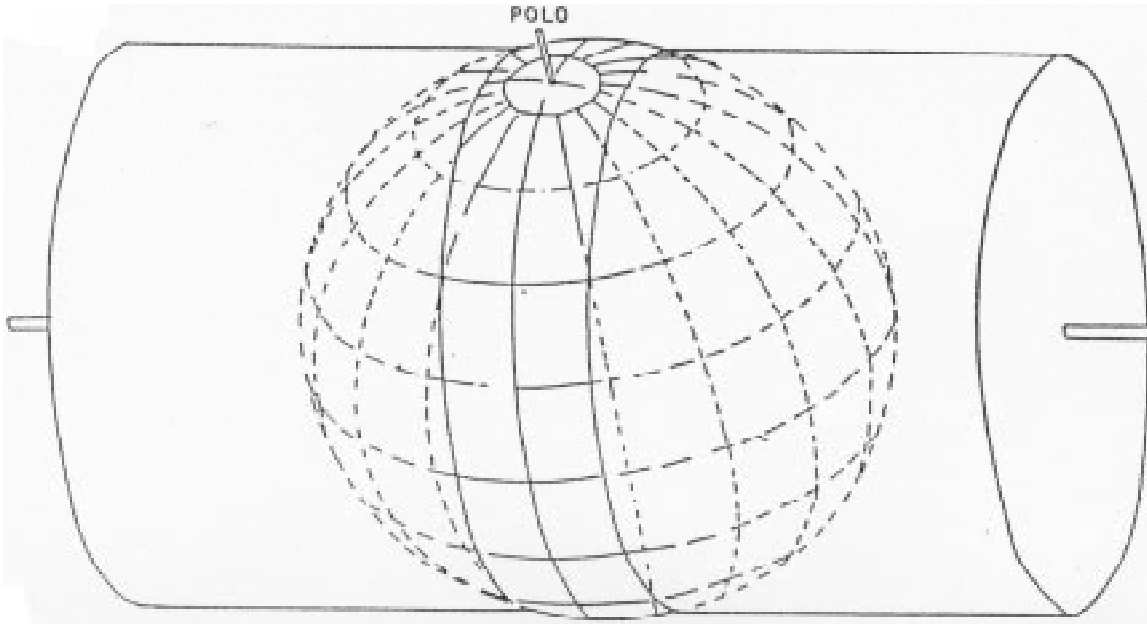


A PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR – UTM

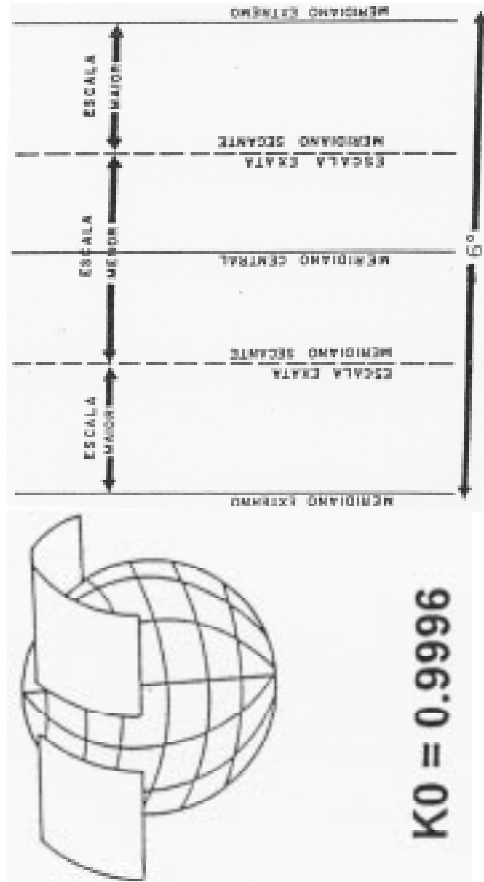
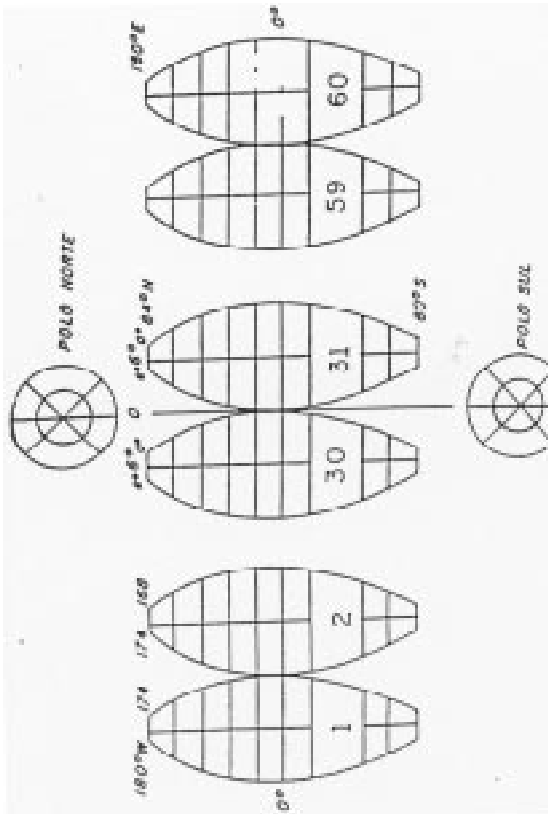
A projeção adotada no Mapeamento Sistemático Brasileiro é o Sistema Universal Transverso de Mercator (UTM), que é também um dos mais utilizados no mundo inteiro para cartografia sistemática recomendado pela União de Geodesia e Geofísica

Internacional (UGGI). A projeção UTM é um caso particular da Projeção Transversa de Mercator com as características abaixo:

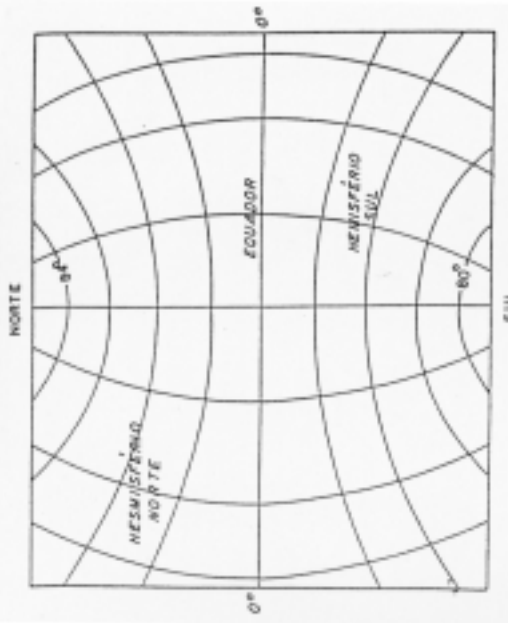
- 1) A superfície de projeção é um cilindro cujo eixo é perpendicular ao eixo polar terrestre. É uma projeção conforme, portanto mantém os ângulos e a forma das pequenas áreas.
- 2) O cilindro de projeção é secante ao elipsóide de revolução, segundo dois meridianos, ao longo dos quais não ocorrem deformações de projeção ($K=1$). As áreas entre os meridianos de secância sofrem reduções de escala ($K<1$), enquanto as áreas fora dos meridianos de secância apresentam escalas ampliadas ($K>1$). Desta forma permite-se que as distorções de escala sejam distribuídas ao longo do fuso de 6° .
- 3) O elipsóide terrestre é dividido em 60 fusos parciais com 6° de amplitude cada um. O coeficiente de redução máxima ocorre ao longo do meridiano central do fuso (MC) e tem o valor constante $K_0 = 0.9996$ (1 m para cada 2500 m). Os meridianos centrais são múltiplos de 6° acrescidos de 3° $MC = 6^\circ \times N + 3^\circ$, ($N \rightarrow 0... \pm 29$)
- 4) O Equador é uma linha reta horizontal, o Meridiano Central é uma linha reta vertical, os paralelos são curvas de concavidade voltada para os pólos e os meridianos são curvas de concavidade voltadas para o MC.
- 5) A origem do sistema cartesiano de coordenadas é formada pelo meridiano central do fuso (eixo Y) cujo valor é $E=500.000,00$ metros, e pelo Equador (eixo X) que tem valor $N=0,00$ metros, para coordenadas no hemisfério norte e $N=10.000.000,00$ metros, para coordenadas no hemisfério sul. As coordenadas são designadas pelas letras E e N, acrescidas do Fuso e Hemisfério.
- 6) As constantes de $E=500.000$ m e $N=10.000.000$ m chamadas, respectivamente, de Falso Este e Falso Norte visam evitar coordenadas negativas).
- 7) O coeficiente de deformação de escala (K) em um ponto qualquer é dado por
$$K \cong K_0 (1 + y^2/2R^2)$$
 onde y é o afastamento do ponto ao MC e R o raio médio da Terra no ponto considerado.
- 9) A Convergência dos Meridianos (δ) é dada por
$$\delta \cong (\lambda - \lambda_{MC}) \text{ Sen.}\varphi$$
- 10) A projeção UTM quando comparada a outras projeções apresenta deformações muito pequenas em todos os aspectos.



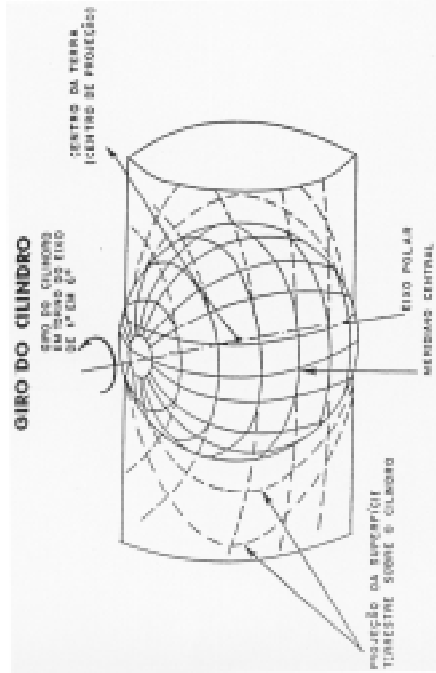
CILINDRO SECANTE



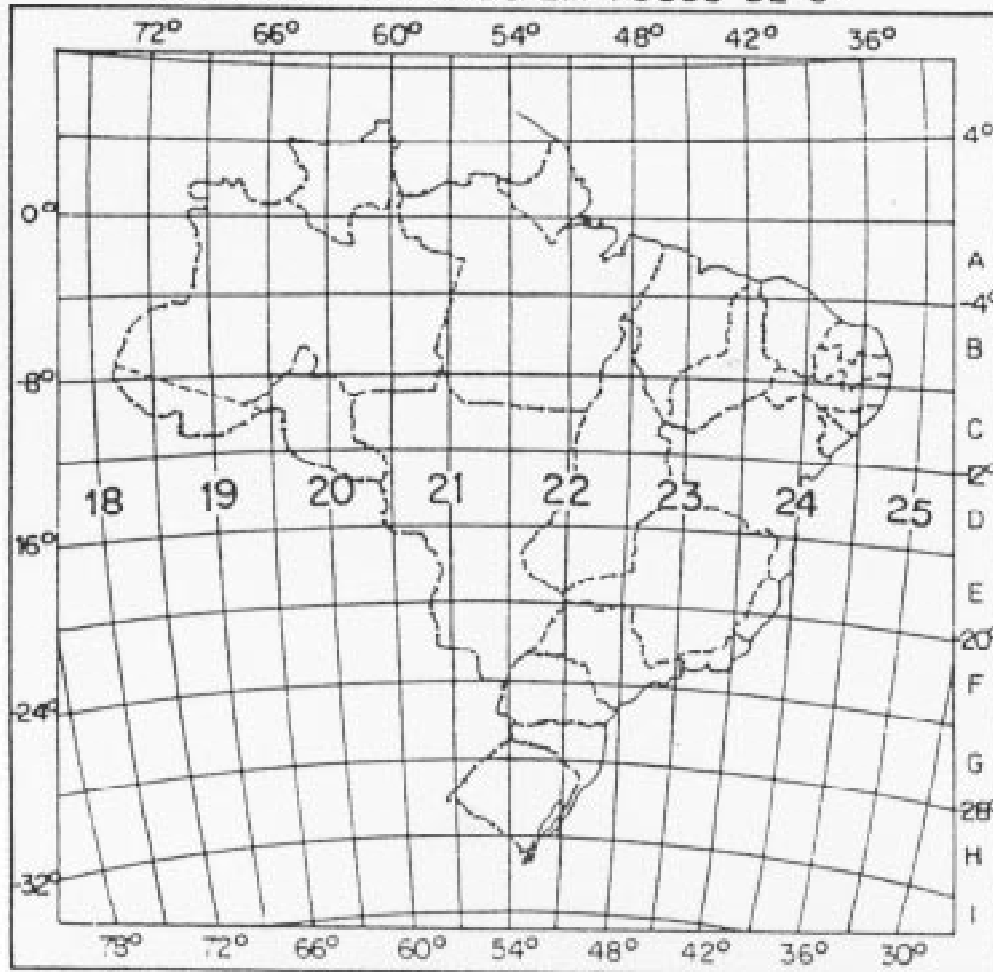
PARALELOS E MERIDIANOS

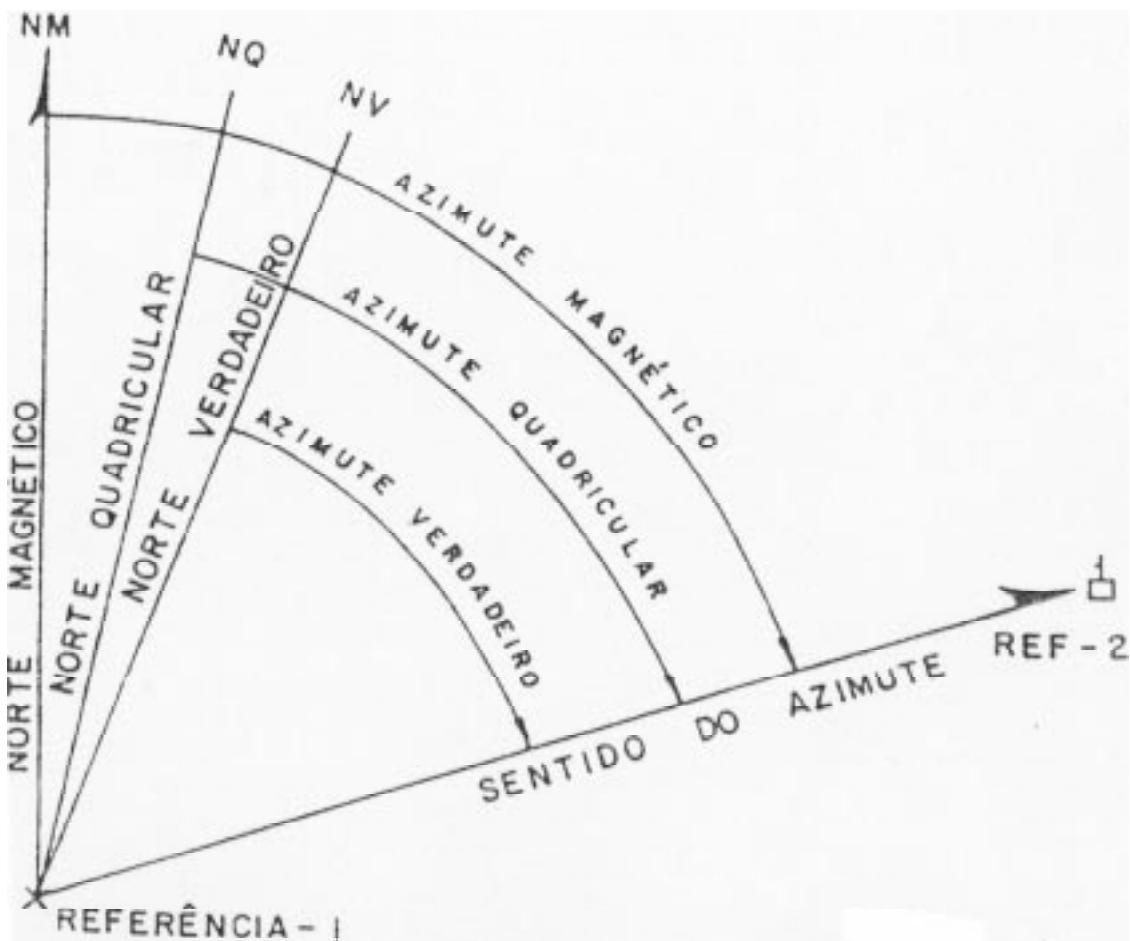
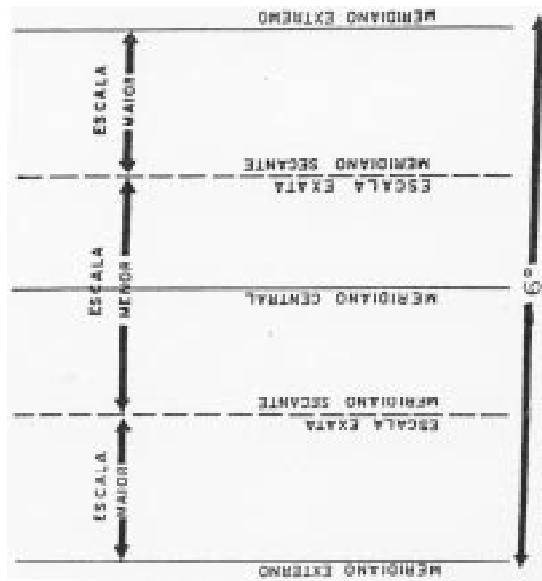
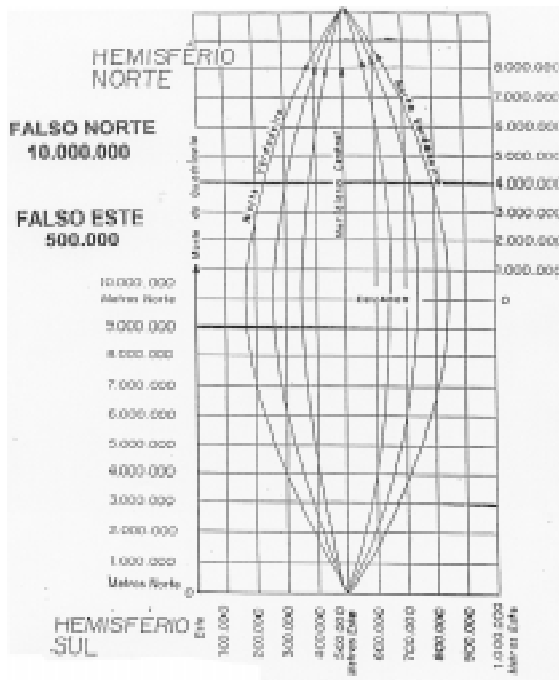


GIRO DO CILINDRO



O BRASIL DIVIDIDO EM FUSOS DE 6°





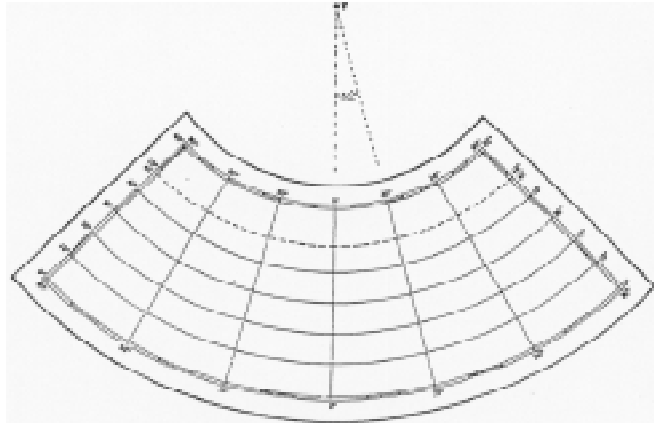
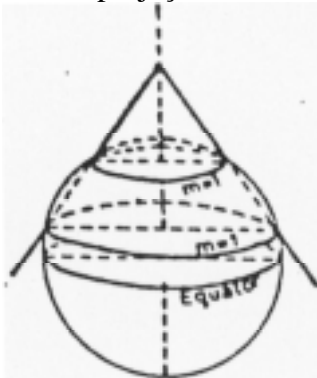
A PROJEÇÃO CÔNICA CONFORME DE LAMBERT

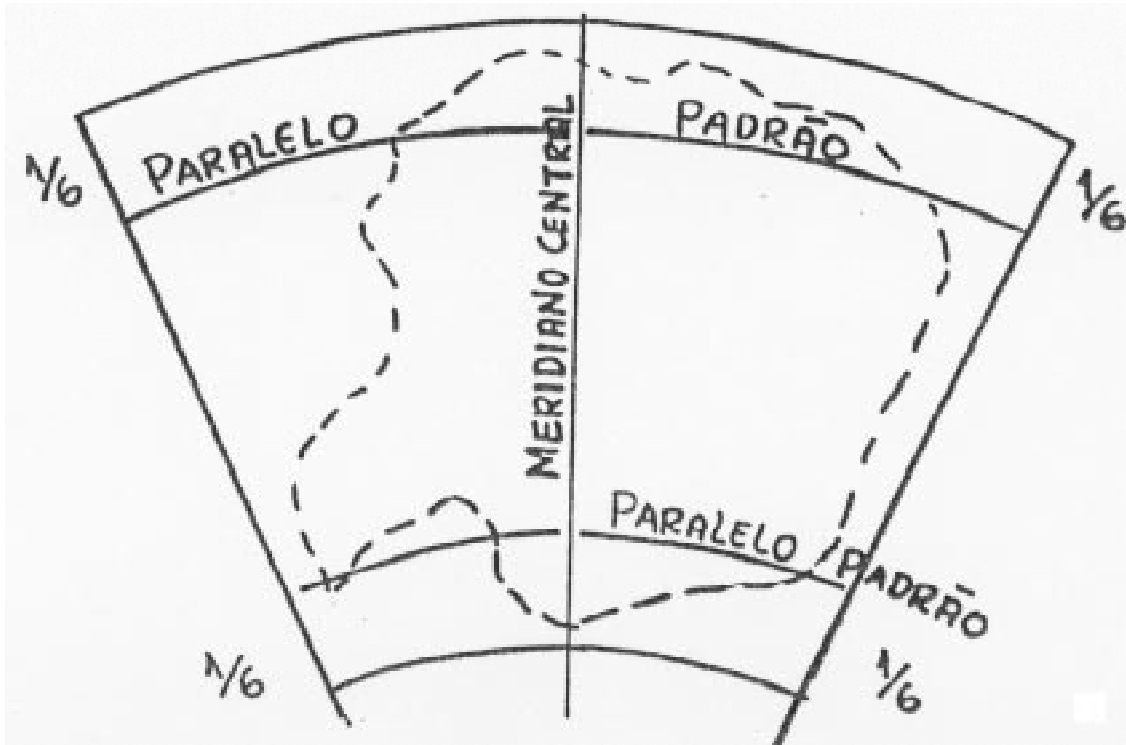
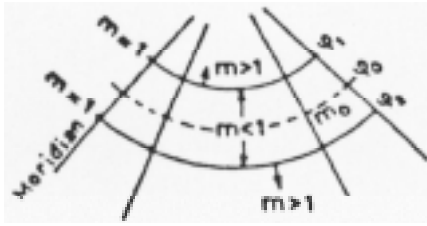
Um outro sistema de largo uso em cartografia de escalas precisas é a projeção Cônica Conforme de Lambert. Tal qual a projeção UTM, também apresenta deformações muito pequenas, porem não é padronizada para o globo inteiro. Suas principais características são:

- 1- Projeção cônica com dois paralelos de secância, geralmente escolhidos a 1/6 dos extremos da área a mapear, com objetivo de distribuir melhor as distorções de escala.
- 2- O eixo do cone é coincidente com o eixo de rotação do elipsóide terrestre, os meridianos são representados por linhas retas que convergem para o vértice do cone e os paralelos são círculos concêntricos, tendo o centro no vértice do cone.
- 3- Não existem distorções ao longo dos paralelos de secância ($K=1$). As áreas entre os paralelos de secância sofrem reduções de escala ($K<1$), enquanto as áreas fora dos paralelos de secância apresentam escalas ampliadas ($K>1$). Desta forma permite-se que as distorções de escala sejam distribuídas ao longo da área a ser mapeada.
- 4- Como as deformações dependem somente da latitude, a projeção de Lambert é especialmente apropriada para áreas que se estendem na direção Este-Oeste (Richardus e Adler, 1972).
- 5- A origem do sistema cartesiano de coordenadas Lambert não é padronizado. Escolhe-se um meridiano e um paralelo de origem para as coordenadas e atribuem-se valores Falso Este e Falso Norte suficientemente grandes para evitar coordenadas negativas.

TRANSFORMAÇÃO DE PROJEÇÕES

Existe um número muito grande de sistemas de projeções com diferentes propriedades e características para atender a diferentes propósitos. A maioria dos Softwares de Geoprocessamento trazem facilidades para conversão entre as projeções mais conhecidas e utilizadas no mundo.





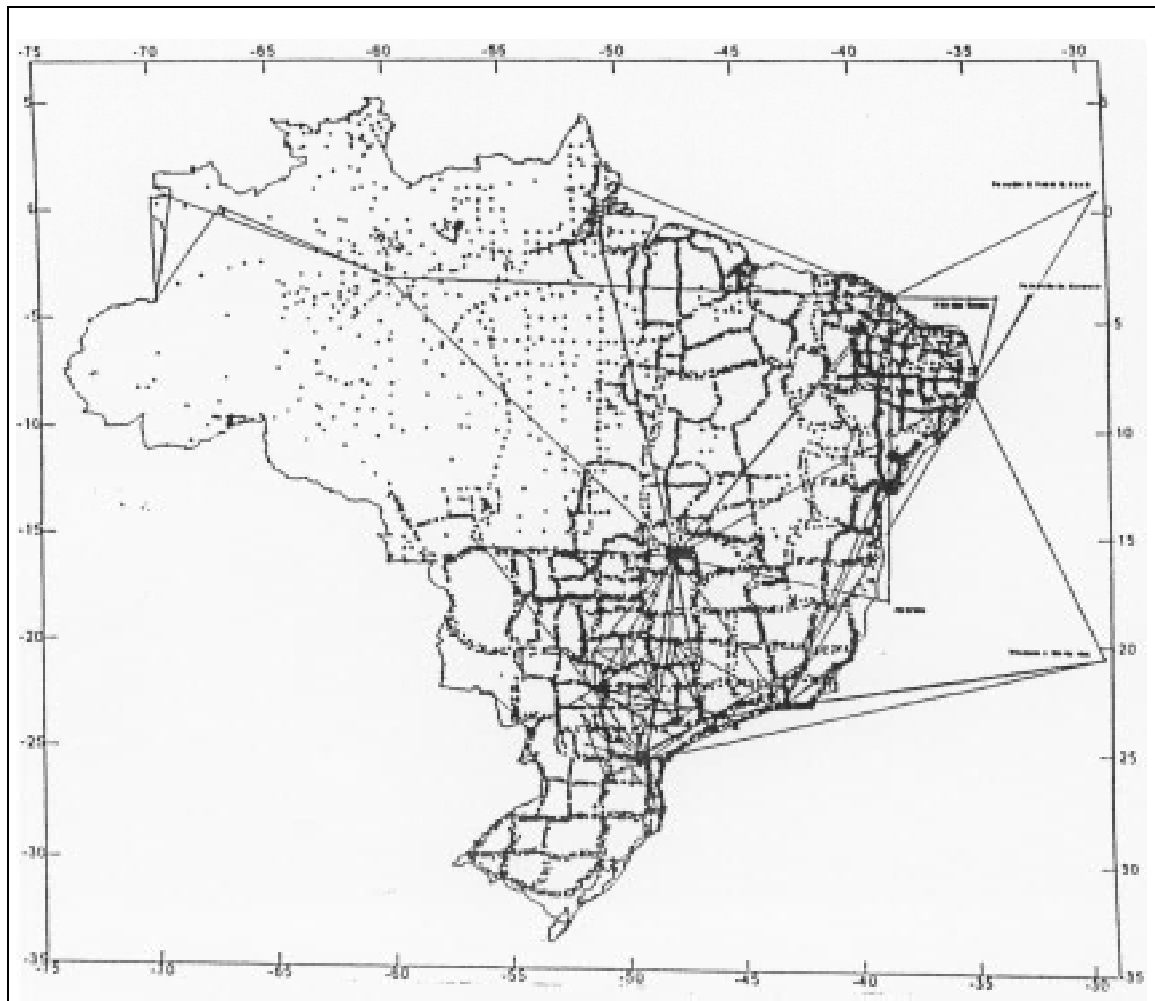
5 - SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO

O Decreto Lei 242 de 28/02/1967, estabelece um sistema plano-altimétrico único de pontos geodésicos materializados no terreno que constitui o referencial inequívoco para determinação de coordenadas (latitude e longitude e altitudes) em todo o território brasileiro. Este referencial que serve para dar suporte aos trabalhos de natureza Cartográfico/Geodésica é chamado de SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO sendo constituído por duas redes independentes.

A REDE GEODÉSICA HORIZONTAL

Constituída de pontos com latitude e longitude de alta precisão e que formam o referencial planimétrico, tendo como Datum Horizontal o South American Datum de 1969 (SAD69). Este datum utiliza Elipsóide Internacional de 1967, definido pela Associação Geodésica Internacional ocorrida em Lucerne, no ano de 1967, cujos parâmetros são: $a = 6.378.160,00\text{m}$ e $f = 1/298,25$. O datum

SAD69 tem como Ponto Geodésico de Origem o vértice geodésico CHUÁ da cadeia de triangulação do paralelo 20° S, cujas coordenadas são: Lat = 19°45'41,6527"S, Lon = 48°06'04,0639"W, N=0,0 m



QUANTITATIVOS

	1995	TOTAL
□ ESTAÇÃO POLIGONAL (EP)	(*)	1244
△ VERTICE DE TRIANGULAÇÃO (VT)	(*)	3509
○ ESTAÇÃO SATÉLITE (SAT)	89	1379

(*) Atividades não mais realizadas em virtude da absorção da tecnologia GPS

REDE DE GEODÉSICA NIVELAMENTO DE PRECISÃO

Constituída de pontos com altitude ortométrica de alta precisão e que formam o referencial altimétrico para trabalhos de natureza cartográfico/geodésica, tendo

como Datum Vertical o nível médio do mar definido pelo Marégrafo da Baía de Imbituba em Santa Catarina.



SITUAÇÃO DA MALHA FÍSICA DO SISTEMA

A maior parte da malha física de pontos do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) foi implantada ao longo de vários anos através dos métodos geodésicos de

triangulação, poligonação e trilateração, seguindo paralelos e meridianos espaçados de 2° em 2°. A partir da implantação do Sistema GPS estes métodos foram substituídos pelo método de posicionamento GPS diferencial que fornece melhor precisão a custos mais baixos. Atualmente o IBGE que é o órgão gestor do Sistema Geodésico Brasileiro está implantando a Rede Brasileira de Monitoramento contínuo que é uma rede de 9 estações GPS espalhadas pelo Brasil coletando dados continuamente. As estações estão instaladas em pontos geodésicos de alta precisão e dispensará o usuário da ocupação de pontos geodésicos da malha física. Bastará ao usuário dispor de apenas um receptor GPS e solicitar os dados coletados pelo IBGE para fazer o pós-processamento diferencial e obter suas posições precisas amarradas ao Sistema Geodésico Nacional.

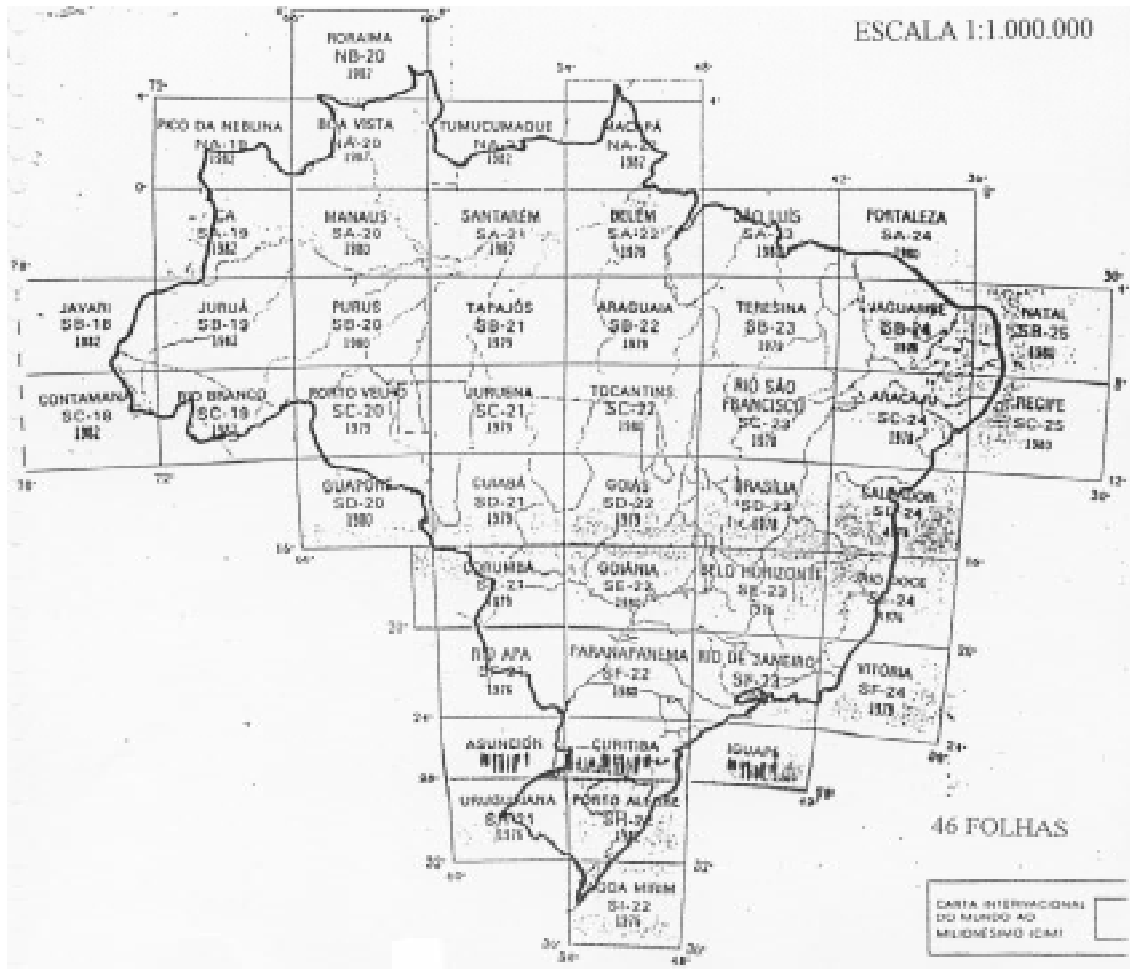


6 - O MAPEAMENTO SISTEMÁTICO NACIONAL

Chama-se mapeamento sistemático o esquema de mapas topográficos nas escalas padronizadas de 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000, 1:250.000, 1:500.000 e 1:1.000.000, executados pelo método aerofotogramétrico, segundo uma articulação sistemática padrão formando uma grande série cartográfica.

Os mapas sistemáticos até a escala de 1:25.000, são considerados um pré requisito para o desenvolvimento do país, e é visto como uma obrigação do governo provê-los e mantê-los atualizados para uso da comunidade. No Brasil os principais órgãos executores de mapeamento sistemático são o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE e a Diretoria do Serviço Geográfico do Exército – DSG. As escalas e a articulação das folhas oficiais do mapeamento sistemático são as mostradas abaixo.

Escala	Subdivisão	Amplitude	Escala	Subdivisão	Amplitude
1:1.000.000	4 FOLHAS	6° X 4°	1:100.000	4 FOLHAS	30' X 30'
1:500.000	4 FOLHAS	3° X 2°	1:50.000	4 FOLHAS	15' X 15'
1:250.000	6 FOLHAS	1,5° X 1°	1:25.000		7,5' X 7,5'
1:100.000		30' X 30'			



ARTICULAÇÃO SISTEMÁTICA DOS MAPAS NACIONAIS

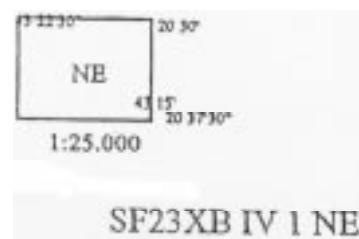
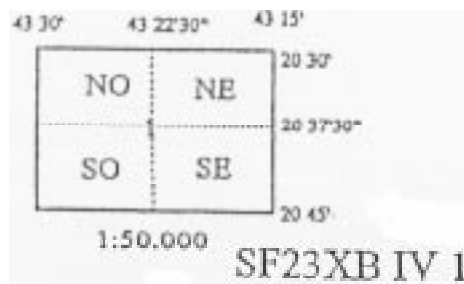
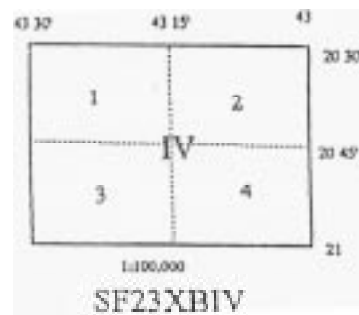
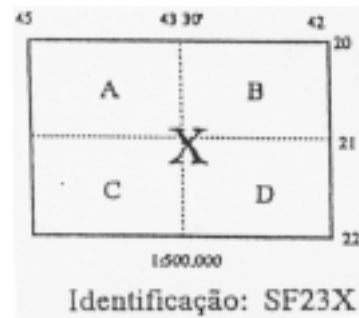
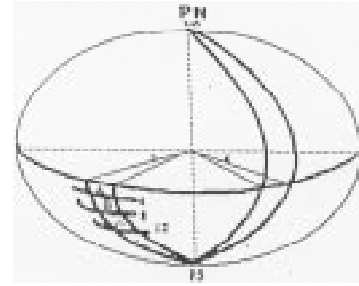
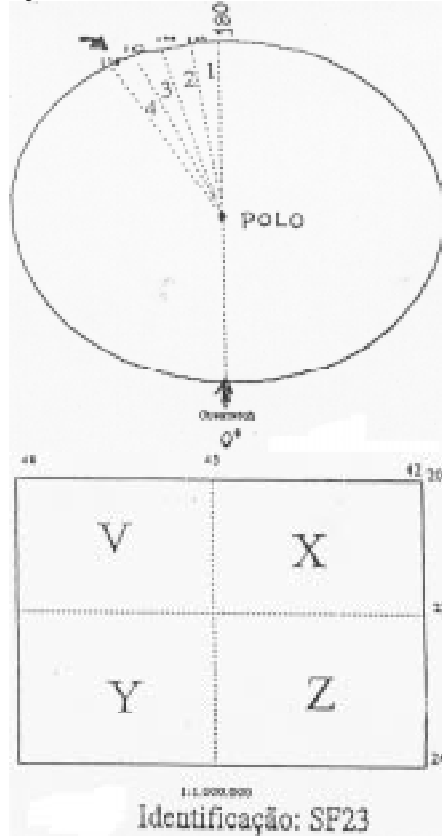
coordenada: $\phi = 20^{\circ} 32' 35''$ S e $\lambda = 43^{\circ} 17' 16''$ W.

Nro. fuso = $30 - \frac{43}{6} = 23$

6

Zona \rightarrow ! A | B | C | D | E | F | ... Logo: SF23

0 4 8 12 18 20 24



SITUAÇÃO ATUAL DA COBERTURA CARTOGRÁFICA

A atual cobertura nacional de mapas oficiais não é adequada e deixa muito a desejar, pois toda extensão do país deveria ter a cobertura completa em pelo menos 1:100.000, atualizada de 10 em 10 anos. Parte do país não tem esta cobertura e, onde ela existe, há mapas com mais de 25 anos sem qualquer atualização. A cobertura de 1:50.000 que deveria mapear as regiões de crescimento urbano com os aspectos econômicos e sociais em expansão é muito pobre e bastante desatualizada. A cobertura de 1:25.000 que deveria mapear as regiões densamente urbanizadas e com desenvolvimento econômico e social em franca aceleração também é quase inexistente e bastante desatualizada.

DISTINÇÃO ENTRE MAPA, CARTA e PLANTA

Carta e mapa têm tudo em comum. No Brasil, porém, há uma certa tendência em utilizar a terminologia cartográfica de acordo com a classificação abaixo.

Mapa

É considerado um documento cartográfico simples e diagramático, geralmente representando uma ampla porção da superfície terrestre em escalas pequenas.

Carta

É um documento cartográfico mais complexo, ou mais detalhado de caráter geográfico mais científico, apresentando maior precisão e maior detalhamento.

Planta

Documento relacionado com escalas grandes, representando áreas de pequenas dimensões onde se desconsidera a curvatura da Terra.

Cartas Topográficas

São cartas que contêm informações básicas do terreno, servindo de suporte para elaboração de outras cartas e mapas mais específicos. O método padrão de elaboração de cartas topográficas é o método aerofotogramétrico.

Cartas Temáticas

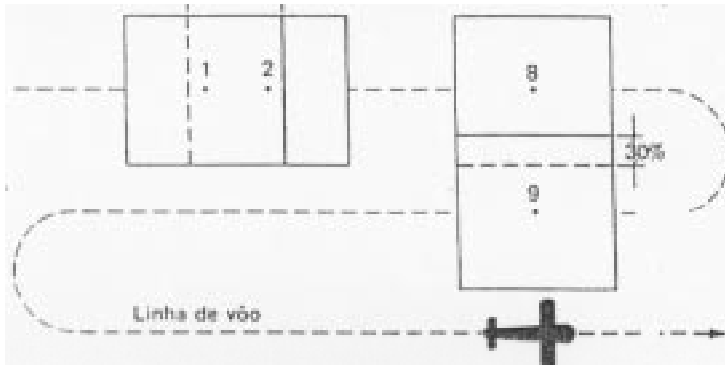
Cartas que abordam temas específicos, elaboradas sobre um fundo geográfico, a partir da compilação de algumas informações básicas extraídas das cartas topográficas e complementadas com as informações temáticas de interesse específico.

7 - ETAPAS DA PRODUÇÃO DE MAPAS TOPOGRÁFICOS

Os mapas topográficos são elaborados pelo Método Aerofotogramétrico que consiste em utilizar um avião equipado com uma câmara métrica que toma fotografias sequenciais parcialmente sobrepostas, em faixas paralelas, recobrando toda a área a mapear e pode ser resumido nas seguintes etapas.

Planejamento e execução do voo

consiste em definir com antecedência a distância focal da câmara aérea, a altura de voo, a superposição longitudinal e lateral, o número de fotos por faixa, o número de faixas do voo, o total de fotos, a quantidade de filmes, etc.

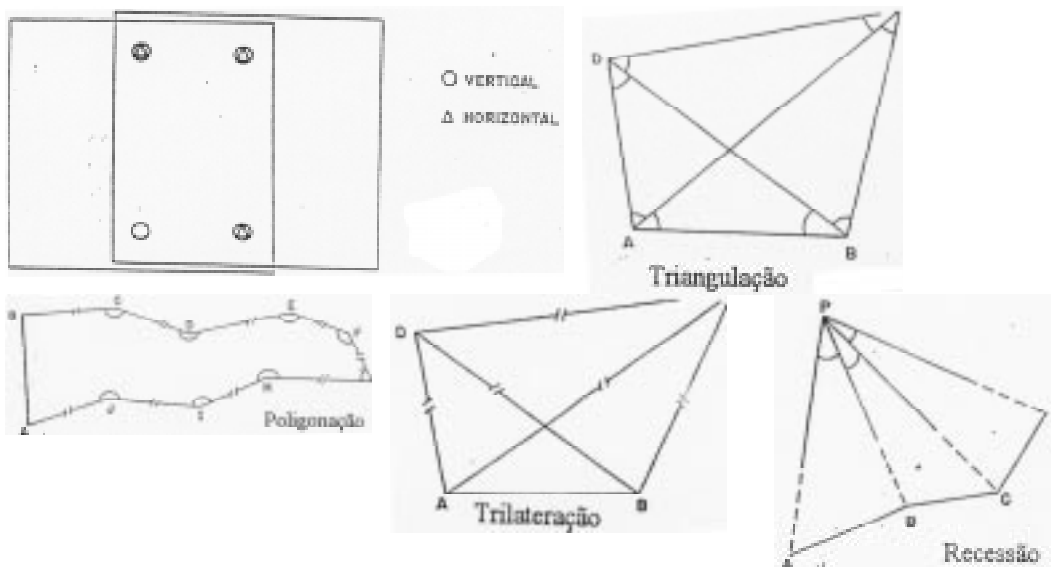


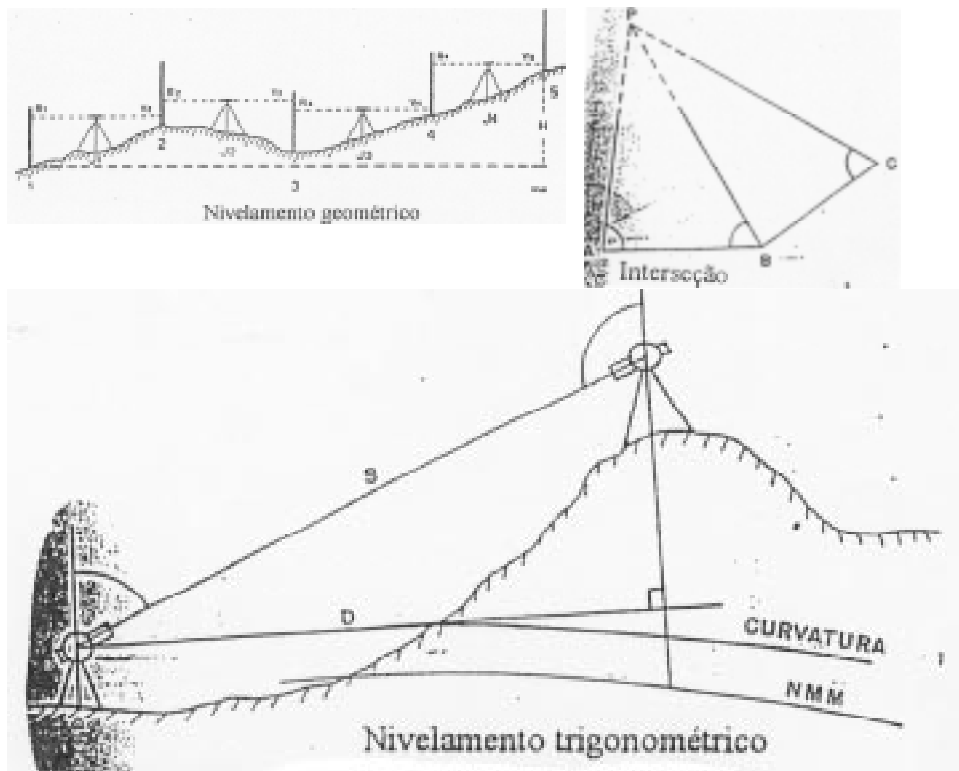
Trabalhos de laboratório

consiste na revelação dos filmes, produção das fotos em papel e diapositivos (transparências) para serem utilizadas nas fases de restituição e reambulação.

Levantamento dos pontos de apoio terrestre para a restituição

consiste na medição, através de levantamento topográfico/geodésico, das coordenadas UTM e altitudes de um conjunto de pontos que sejam bem identificáveis tanto nas fotografias como no terreno chamados pontos de controle.





Aerotriangulação fotogramétrica

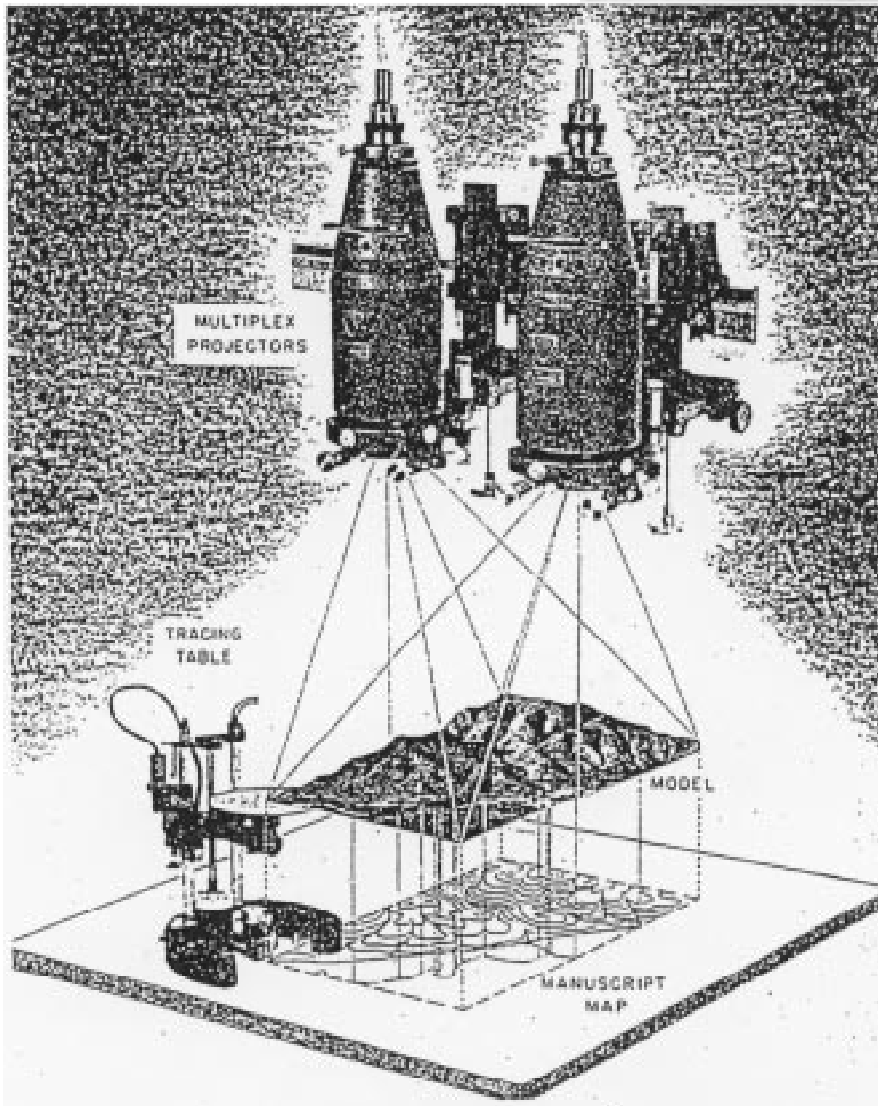
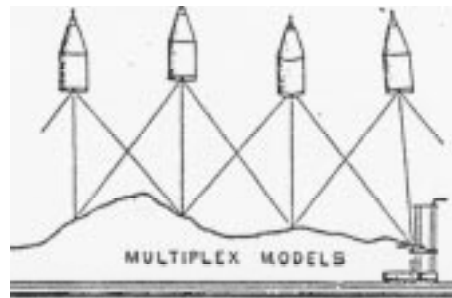
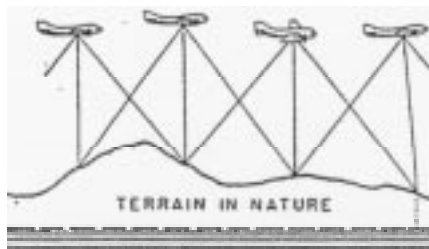
consiste na determinação precisa das coordenadas de terreno de um conjunto de pontos medidos apenas nas fotografias. A finalidade desta fase é aumentar o conjunto de pontos de controle sem a necessidade de trabalho de campo, visando economia de custos.

Reambulação das fotos

consiste na coleta de dados e informações relativos à toponímia, hidrografia, orografia, divisões políticas e tudo mais que não pode ser obtido diretamente das fotografias. A equipe de campo leva um conjunto de fotografias e vai anotando nas próprias fotos as informações importantes que devem constar no mapa

Restituição fotogramétrica

consiste na construção do mapa a partir dos diapositivo fotográficos montados em pares estereoscópicos, ajustados e georeferenciados através dos pontos de controle. Em outras palavras, é a transformação da projeção cônica das fotografias aéreas em projeção ortogonal executada em aparelhos especiais chamados restituidores fotogramétricos.



Trabalhos de edição, gravação e produção de originais cartográficos

são trabalhos de montagens em mesas de luz e câmaras escuras destinados a produzir 4 pranchas finais de filmes correspondentes as cores de impressão ciano, magenta, amarelo e preto para produzir cartas coloridas. Modernamente esta etapa vem sendo completamente feita através de computadores de forma muito mais simplificada.

8 - INTERPRETAÇÃO DE CARTAS TOPOGRÁFICAS

Uma carta topográfica, seja impressa ou no formato digital, representa um modelo em escala reduzida e interpretado do terreno de onde podem ser extraídas informações valiosas para aplicações diversas.

INFORMAÇÕES MARGINAIS

Nas cartas impressas as informações contidas nas margens fornecem dados importantes que dizem respeito ao uso da própria carta. As principais informações marginais são: Identificação da carta, índice de nomenclatura padrão, escala numérica e escala gráfica, equidistância das curvas de níveis, datum horizontal e datum vertical, índice de folhas adjacentes, meridiano central do fuso UTM, declinação magnética, variação anual da declinação magnética e convergência meridiana do centro da folha.

O Quadro de Convenções Cartográficas é um conjunto de símbolos padronizados utilizados para representar diferentes elementos do terreno. Os símbolos e convenções realçam elementos importantes do terreno e auxiliam bastante na leitura e interpretação da carta

ESCALA

Em cartografia a escala é a relação existente entre a representação gráfica de um objeto na carta (d) e sua dimensão real no terreno (D). $E = d/D$

A escala é sempre dada em forma de uma fração (1:25000, por exemplo) e a escolha da escala de uma carta, mapa ou planta geralmente obedece a 3 preceitos básicos:

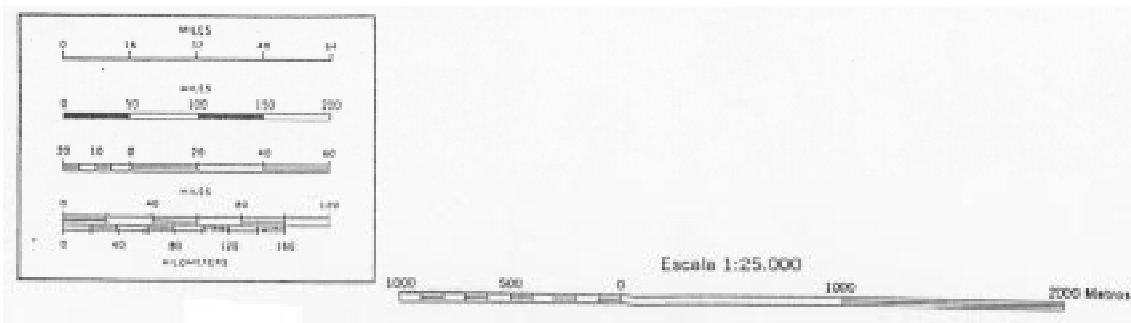
- 1) Minúcia de detalhes desejada. uma casa, por exemplo, pode ser desenhada apenas como um símbolo (escala pequena) ou com jardins e muitos detalhes (escala grande).
- 2) Espaço disponível ou conveniente no papel. Formatos A0, A1, A2, A3, A4 etc.
- 3) Limitação gráfica de 0.2 mm, considerado o limite da acuidade visual humana. Nenhum elemento poderá ser representado em escala com menos de 0.2 mm.

Exercícios básicos de escala

- Ache uma escala apropriada para desenhar a planta de um lote retangular medindo 200,00 por 300,00 metros no papel formato A4, A3 e A2.
- Ache uma escala apropriada para desenhar a planta de uma quadra urbana onde se deseja representar todos os detalhes maiores que 1 metro
- Ache a escala de uma carta onde os objetos do terreno com 500 m de comprimento devam medir 2,5 mm na planta

Escala Gráfica

É uma régua impressa no rodapé e na mesma escala da carta que garante a facilidade de obter medidas sem uso de régua ou escalímetro, mesmo quando ocorre redução ou ampliação da planta original ou em caso de deformação do papel.



REPRESENTAÇÃO DO RELEVO

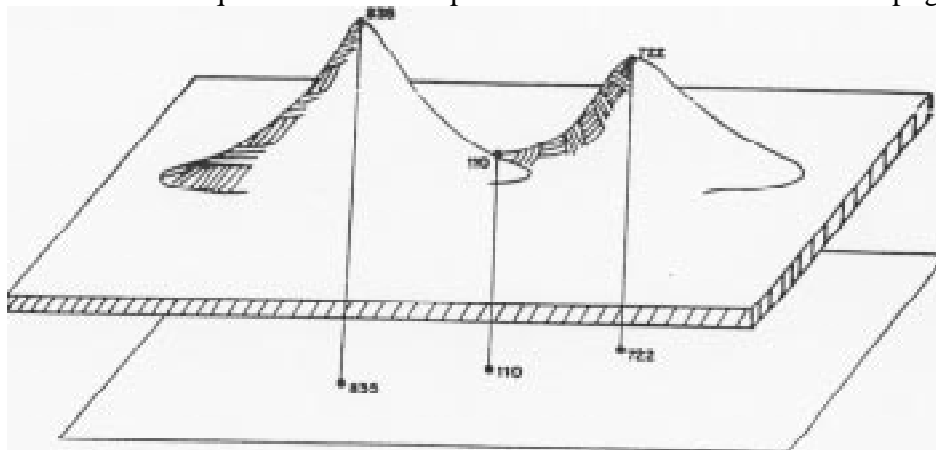
Nas cartas topográficas o relevo é representado através de curvas de níveis e pontos cotados com altitudes referidas ao nível médio do mar (datum vertical)

Ponto Cotado - é a projeção ortogonal de um ponto do terreno no plano da carta com a indicação da sua altitude

Curvas de Nível - são isolinhas de altitude, ou seja, linhas que representam todos os pontos do terreno de mesma altitude. As Curvas de níveis constituem a forma mais utilizada para representação do relevo nas cartas topográficas.

Eqüidistância Vertical - é a separação vertical entre curvas de níveis consecutivas. A eqüidistância vertical está associada a escala da carta, por exemplo: Esc:1:250.000 Eq:100 m, Esc:1:100.000 Eq:50 m, Esc:1:50.000 Eq:20m

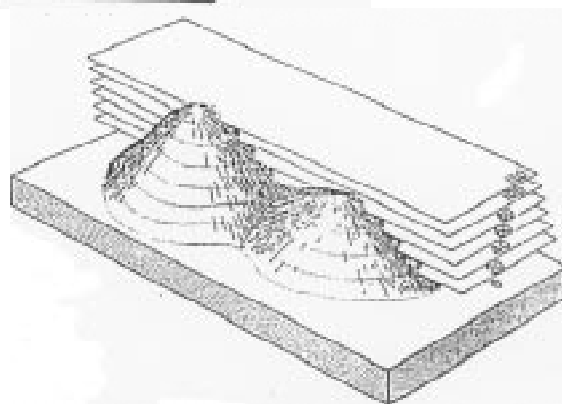
Curvas Mestras - são as curvas de níveis mais grossas e numeradas que ocorrem de 5 em 5 curvas. A quinta curva é sempre uma curva mestra nas cartas topográficas.

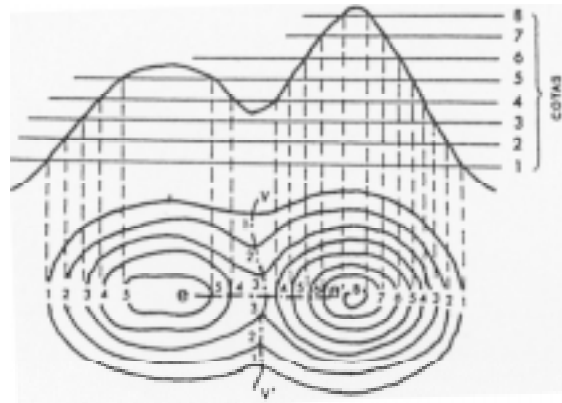
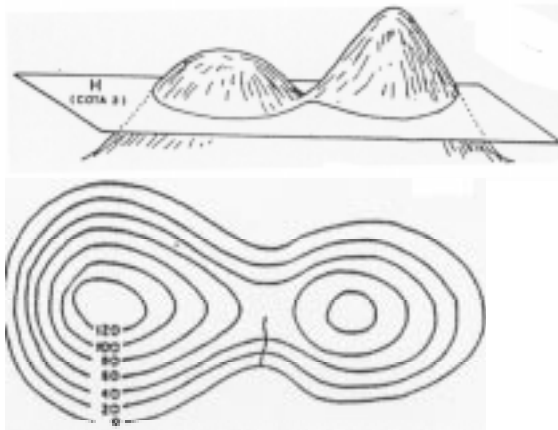


16,13 14,00

18,00 15,03

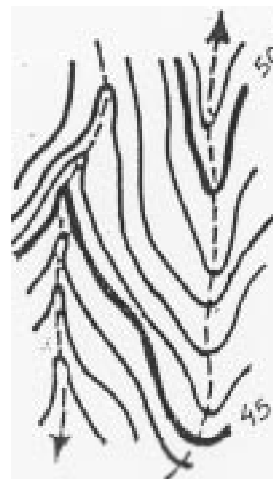
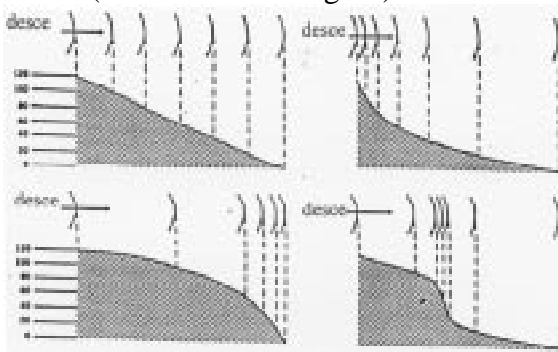
16,78 14,43

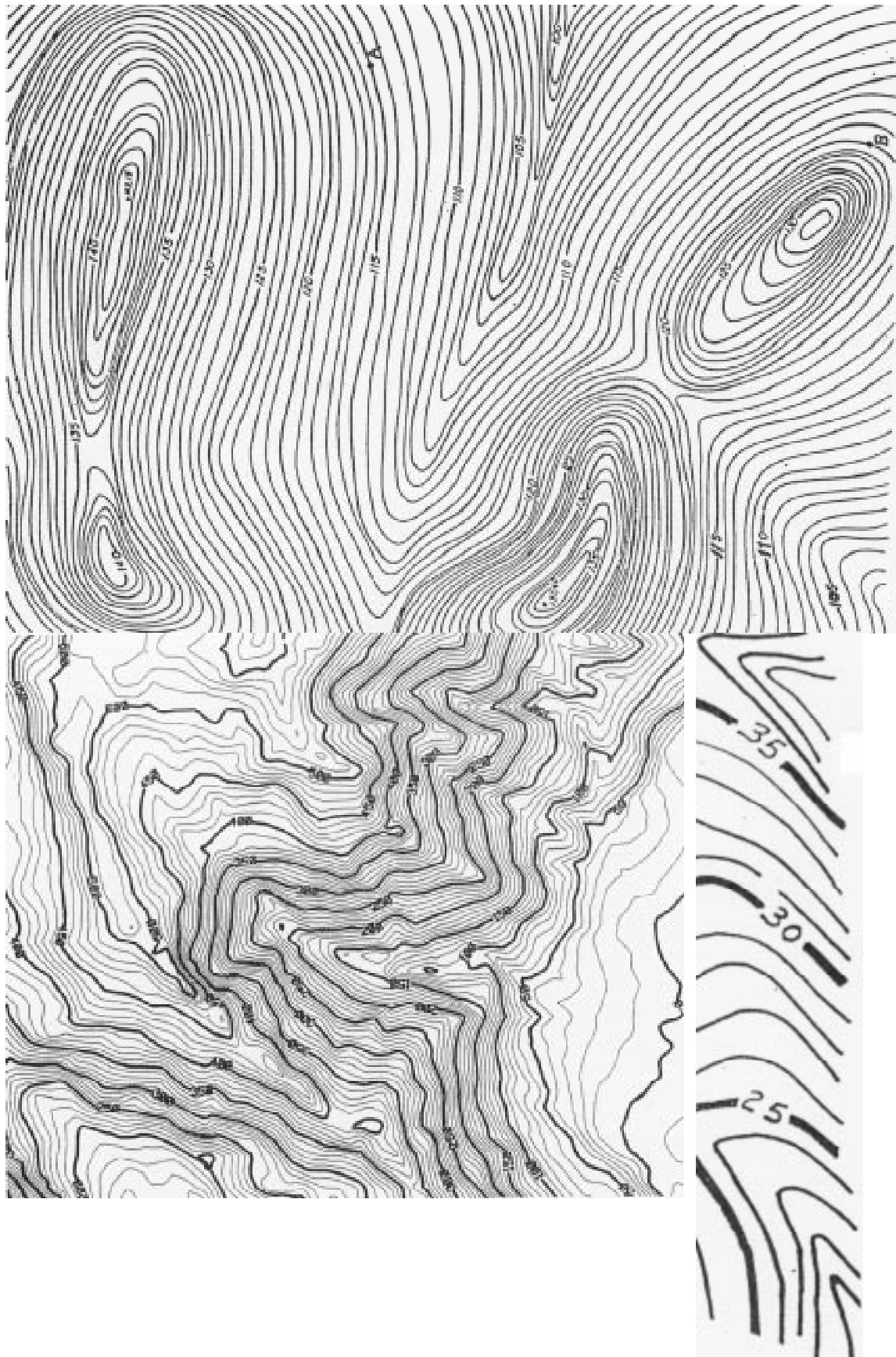


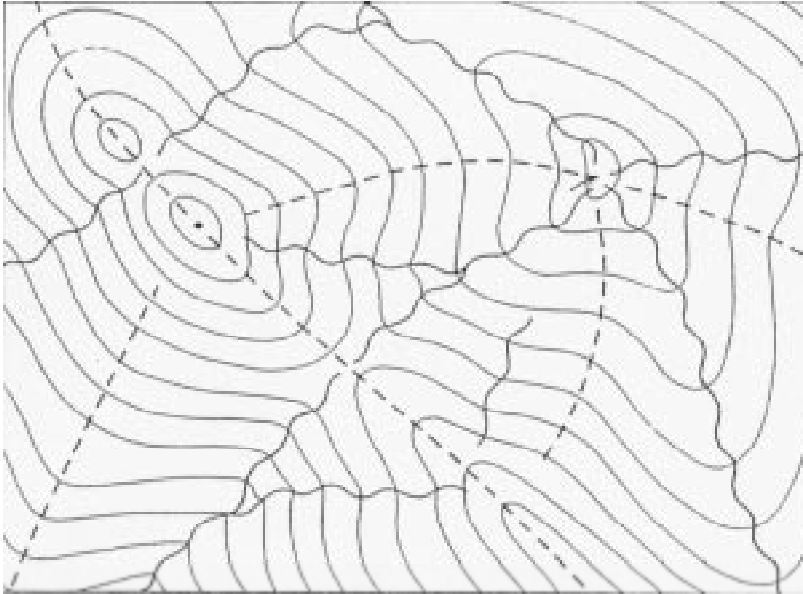


Características Básicas das Curvas de Níveis

- 1) Quanto maior a inclinação do terreno mais próximas umas das outras estarão as curvas e quanto menor a inclinação do terreno mais afastadas ficam as curvas
- 2) O espaçamento entre as curvas é constante nas encostas de inclinação uniforme
- 3) As curvas de níveis são perpendiculares à linha de maior inclinação do terreno
- 4) As curvas de níveis nunca se cruzam nem se juntam com as vizinhas, exceto em superfícies verticais.
- 5) As curvas de níveis sempre se fecham, dentro ou fora das bordas da carta.
- 6) As curvas de níveis formam um bico descendo a encosta nas cristas e cumeadas (divisores de água) e formam um bico subindo a encosta nos vales e ravinas (recolhedores de águas).







COMO OBTER INFORMAÇÕES NA CARTA TOPOGRÁFICA

Conhecendo alguns conceitos básicos de Cartografia e os fundamentos de interpretação de cartas topográficas fica muito fácil obter valiosas informações, conforme mostramos nos passos a seguir.

Obtendo Altitudes

Se o ponto é cotado basta ler o seu valor

Se o ponto coincide com uma curva de nível mestra basta ler a cota da curva

Se o ponto coincide com uma curva de nível intermediária basta deduzir a cota da curva sabendo a equidistância.

Se o ponto fica entre duas curvas faz-se uma interpolação por regra de três simples.

Obtendo Coordenadas UTM

Para achar a coordenada **E**, deve-se identificar o valor da linha vertical da quadrícula UTM imediatamente a esquerda do ponto (P. exemplo 650 km = 650.000m). Medir com escalímetro a distância entre esta linha e o ponto (P. exemplo 350m). Somar os dois valores (**E** = 650.350m)

Para achar a coordenada **N** deve-se identificar o valor da linha horizontal da quadrícula UTM imediatamente abaixo do ponto (P. exemplo 7844 km = 7844.000m). Medir com escala a distância entre esta linha e o ponto (P. exemplo 650m). Somar os dois valores (**N** = 7844.650m)

A leitura de coordenadas está sujeita a erros (erro gráfico e PEC) que serão abordados nos tópicos a seguir

Obtendo Comprimentos e Distâncias

Medir a feição de interesse em mm ou cm (P. exemplo: 2,8 cm). Multiplicar o valor obtido pelo denominador da escala da carta (P. exemplo: 2,8cm x 25000). Converter o resultado para metros (70000 cm = 700 m).

Pode se também medir a feição de interesse com um compasso, régua ou fita e transportar a medida para a escala gráfica da carta obtendo a distância diretamente sem necessidade de cálculos.

Outra forma de obter a distância sem medir o objeto é extraíndo as duas coordenadas UTM e calculando pela fórmula: $\text{Dist} = [(\mathbf{E}_2 - \mathbf{E}_1) + (\mathbf{N}_2 - \mathbf{N}_1)]^{\frac{1}{2}}$

Neste caso pode-se medir comprimentos de linhas que se estendem por várias folhas

Por exemplo $\text{Dist} = [(740350 - 720240) + (7844520 - 7833250)]^{\frac{1}{2}} = 23052,657 \text{ m}$

Obtendo Direções (Azimutes)

Os azimutes podem ser:

Geográficos se referidos ao meridiano geográfico (Norte Geográfico)

Magnéticos se referidos a agulha da bússola (Norte Magnético)

De Quadrícula se referidos às linhas verticais do quadriculado UTM (Norte da Quadrícula)

O diagrama de declinação e convergência existente na margem inferior da carta fornece o relacionamento entre os três Nortes.

O ângulo entre o Norte Geográfico e o Norte Magnético chama-se declinação magnética (δ). O Norte magnético descreve um movimento secular em torno do Norte Geográfico, portanto o ângulo de declinação magnética só é válido para a data de elaboração da carta. Como o diagrama de declinação traz a variação anual da declinação magnética, é possível calcular o seu valor atualizado para qualquer época.

O ângulo entre o Norte Geográfico e o Norte da Quadrícula chama-se convergência meridiana (C)

Na carta topográfica o azimute é diretamente determinado em relação ao Norte da Quadrícula. De posse dos valores fornecidos no diagrama chega-se facilmente aos outros azimutes (Geográfico e Magnético).

O azimute da Quadrícula pode ser medido diretamente com o transferidor ou calculado pela fórmula: $\text{Az} = \text{ArcTg} (\mathbf{E}_2 - \mathbf{E}_1) / (\mathbf{N}_2 - \mathbf{N}_1)$ observando o quadrante.

Por exemplo. Medindo com transferidor o Azimute da Igreja Matriz para Fazenda Zebu achou-se $240^\circ 30'$. O diagrama de declinação e convergência existente na margem inferior da carta fornece $-25'$ para a convergência meridiana. Assim o Azimute Geográfico será $240^\circ 30' - 25' = 240^\circ 05'$. O mesmo diagrama mostra, para o ano de 1980, um ângulo de declinação magnética de $18^\circ 25' \text{W}$ e uma variação anual de $6' \text{W}$. Assim, para o ano 2000 a declinação será $18^\circ 25' + 20 \times 6' = 21^\circ 25' \text{W}$. O Azimute Magnético da Igreja Matriz para Fazenda Zebu será então $240^\circ 05' + 21^\circ 25' = 261^\circ 30'$. Esta seria a direção apontada pela bússola.

Identificando vales, córregos, ravinas e recolhedores de águas

Identificando divisores de águas

Identificando as linhas de máximo declive das encostas

Delimitando bacias hidrográficas

Obtendo Declividades

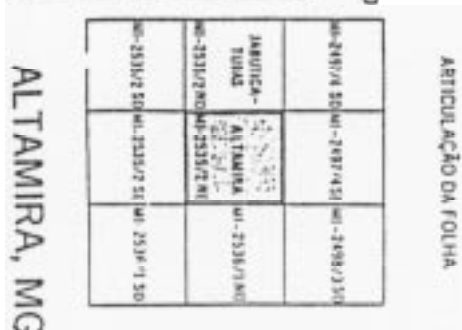
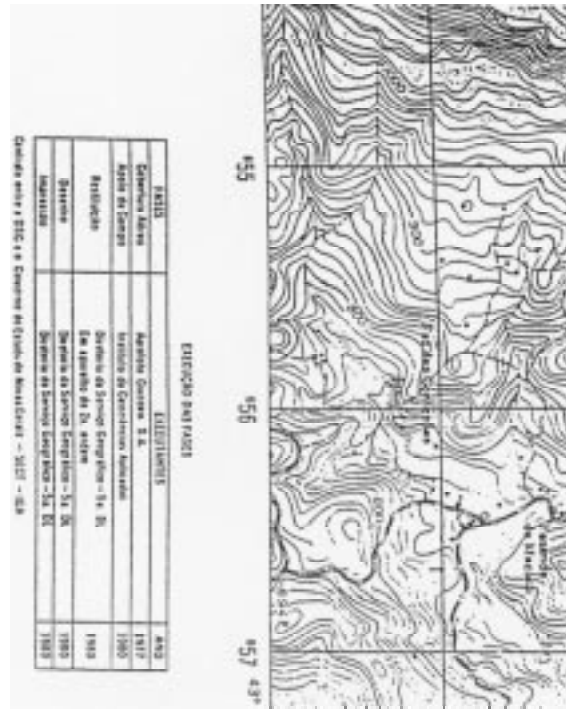
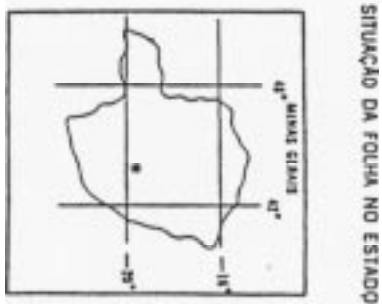
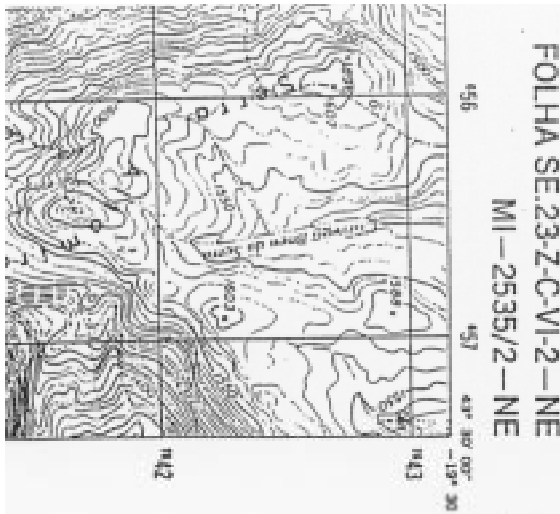
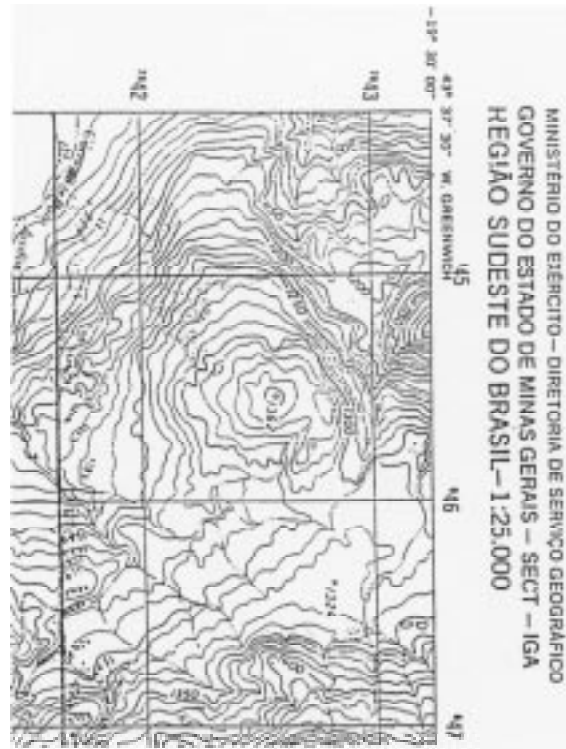
Traçando caminhos de declividade constante

Obtendo Perfis Topográficos

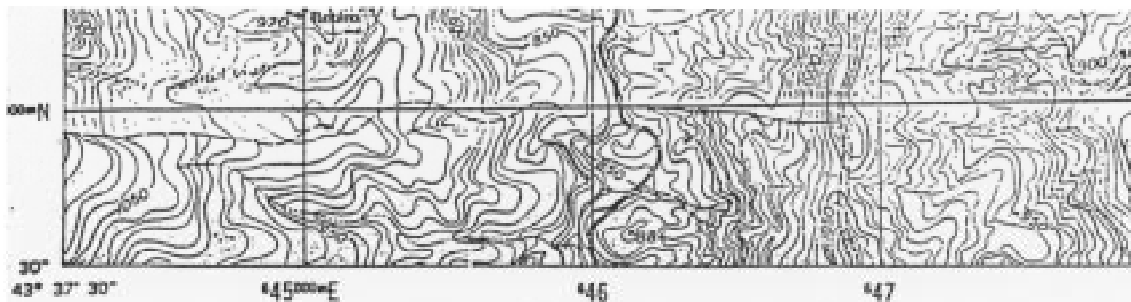
Obtendo Áreas

Obtendo Volumes na Carta Topográfica

Obs. No caso da Cartografia digital os Softwares de Geoprocessamento possuem inúmeras ferramentas para obter de forma simples, rápida e eficiente estas e outras informações. O assunto será explorado na disciplina Cartografia Digital



ALTAMIRA, MG



Primeira edição — 056
 Primeira impressão — 1980

SINAIS CONVENCIONAIS

Nesta folha considera-se que uma via tenha a largura mínima de 2,5 metros
 A cor rosa representa zonas urbanizadas nas quais só aparecem áreas edificadas

VIAS DE CIRCULAÇÃO

ESTRADAS DE RODAGEM

Auto-estrada		4 vias
Estrada pavimentada		
Estrada sem pavimentação:		
trilho permanente		2 ou mais de 11 m
trilho permanente		1 via
trilho periódico		
Carretilha		
Prelios de estrada: federal, estadual		

ESTRADAS DE FERRO

Biole larga		Via simples	Via dupla de bitola única
Biole estreita			

LIMITES

Internacional	
Estadual	

OUTROS ELEMENTOS PLANIMÉTRICOS

Linha transmisseora de energia, Cerca		AT	BT
Igreja, Escola, Mina		I	E
Moinho de vento, Moinho de água		M	O

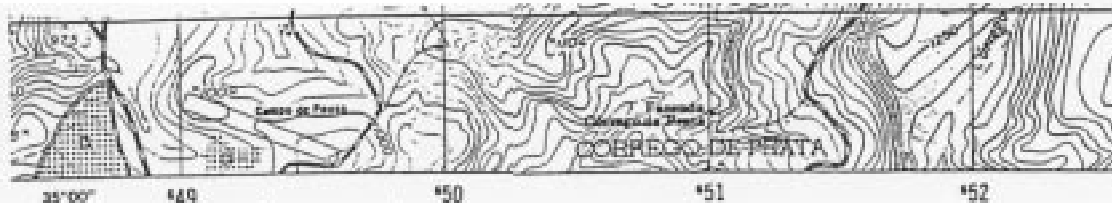
ELEMENTOS ALTIMÉTRICOS

Posto trigonométrico, Referência de nível		792	RN X 792
Posto astronómico, Posto barométrico		B	B X 792
Cota comprovada, Cota não comprovada		792	792

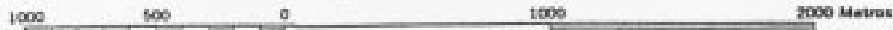
Campe de emergência, Fami		
Superfície deformada, Arria		
ELEMENTOS DE VEGETAÇÃO		
Erva tropical, Cereais, mangue agreste		
Floresta, mata e bosques, Plantação		
Plantar, Vinhedo		
Mangue, Salina		
Arrozal: terreno seco, úmido		

ELEMENTOS DE HIDROGRAFIA

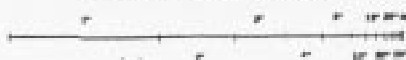
Curso d'água intermitente	
Lago ou lagoa intermitente	
Terrão sujeito a inundação	
Ornjo ou pântano	
Popo (água), Nascente	
Rápido e cachoeira grandes	
Rápido e cachoeira	
Recha submersa e a descoberto	
Molhe e represa de alvenaria	
Acessórios: Rio seco ou de aluvião	
Rodile molhado	



Escala 1:25.000



Escala de Declividade



DECLINAÇÃO MAGNÉTICA EM 1980
 E CONVERGÊNCIA MERIDIANA
 DO CENTRO DA FOLHA



A DECLINAÇÃO MAGNÉTICA
 CRESCERÁ ANUALMENTE

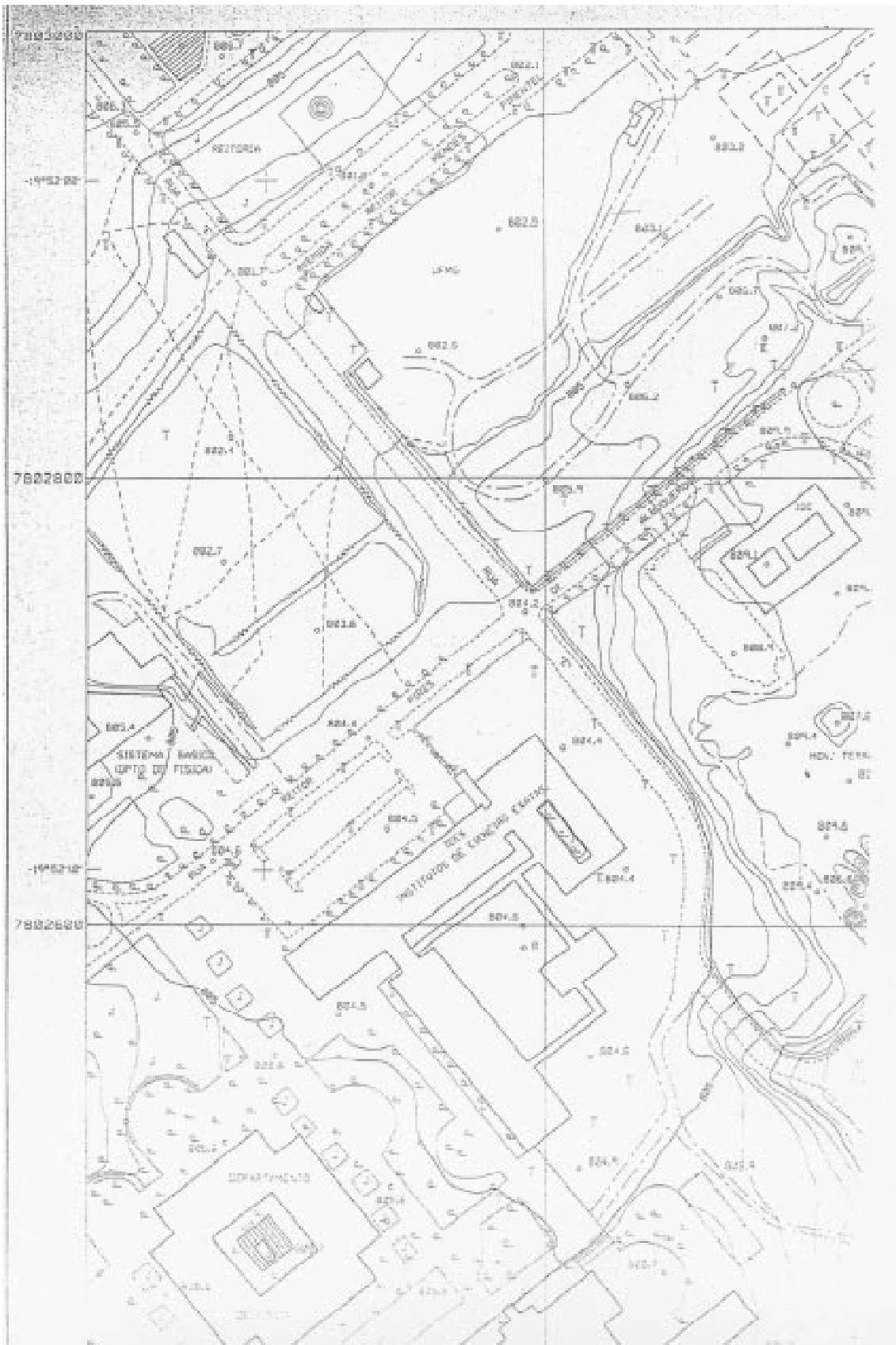
EQÜIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NÍVEL: 10 METROS

AS CURVAS MESTRAS ESTÃO REPRESENTADAS EM LINHA CROSSA
 CONTÍNUA E CORRESPONDEM A CADA 5ª CURVA DE NÍVEL

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR

DATUM VERTICAL: IMBITUBA-SANTA CATARINA,
 DATUM HORIZONTAL: SAD-87

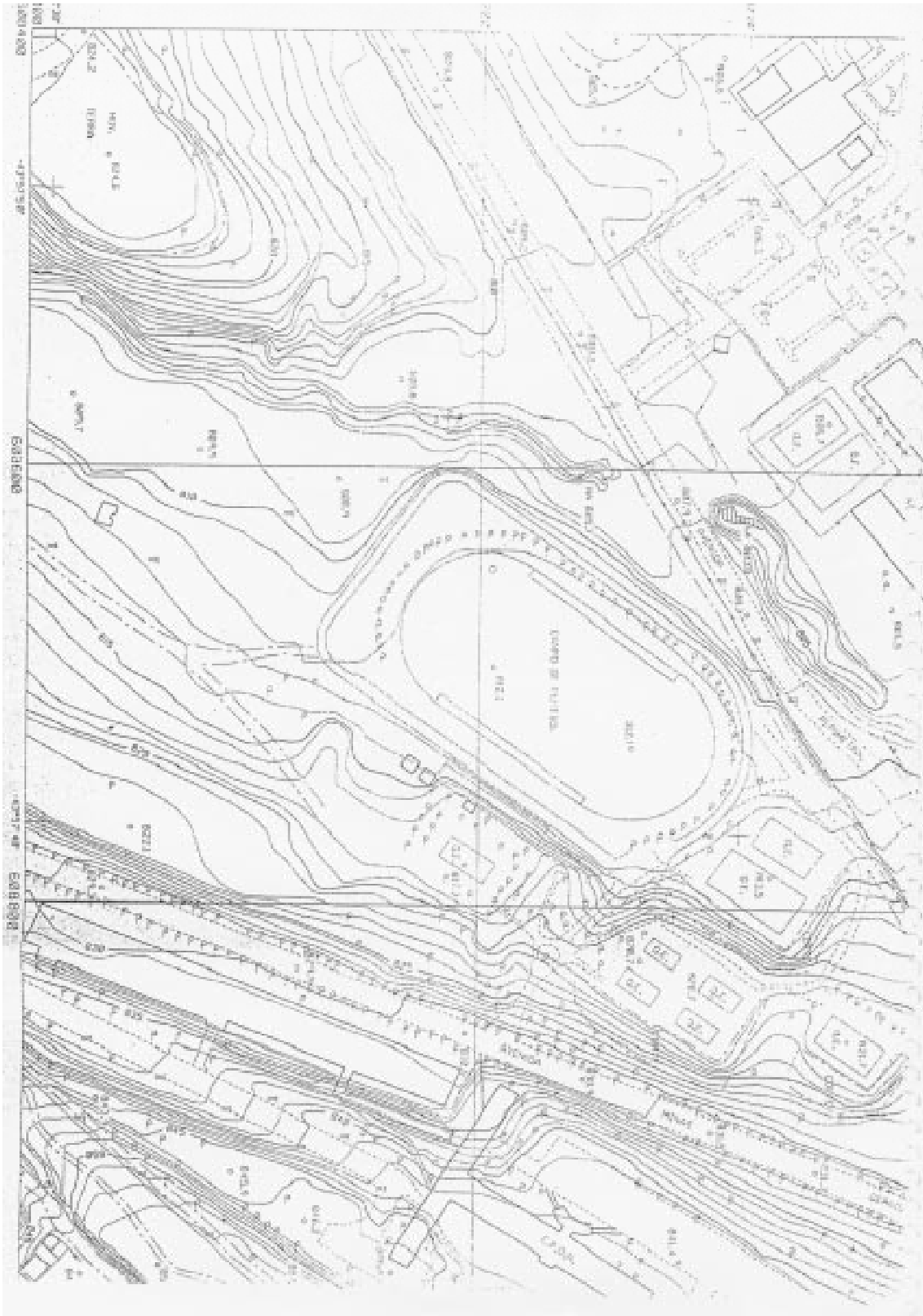
ORIGEM DA QUILOMETRAGEM SEM EQUADOR E MERIDIANO 48° W. GR.
 ACRESCIDAS AS CONSTANTES 10.000 KM E 500 KM RESPECTIVAMENTE





F-113

LEVANTAMENTO
 18000, 10000
 APOD. TERRAS
 REFERÊNCIAS O
 DE BGE REAL
 PROJEÇÃO U
 SISTEMA GCS
 DATUM HORIZ
 DATUM VERT
 S = 0,999710
 CLASSE DA



9 - PRECISÃO CARTOGRÁFICA

As medidas planimétricas extraídas de uma carta impressa em papel estão sujeitas a pelo menos dois tipos de imprecisões bem caracterizadas.

O Erro gráfico geralmente aceito como sendo 0.2 mm, correspondente ao limite da acuidade visual humana e o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) – que é o Indicador de dispersão relativo a 90% de probabilidade que define a exatidão de trabalhos cartográficos.

O Decreto 89.817, de 20/07/1984 dá a seguinte classificação para cartas impressas segundo o PEC.

CLASSE /PEC	A	B	C
PEC Planimétrico	0,5 mm	0,8 mm	1 mm
Erro padrão	0,3 mm	0,5 mm	0,6 mm
PEC Altimétrico	½ eqüidistância	3/5 eqüidistância	3/4 eqüidistância
Erro padrão	1/3 eqüidistância	2/5 eqüidistância	½ eqüidistância

O Art. 10 do decreto 89.817, de 20/07/1984 estabelece que “*É obrigatória a indicação da classe no rodapé da folha, ficando o produtor responsável pela fidelidade da classificação.*”

Todas as cartas topográficas do mapeamento sistemático brasileiro executadas pelo método aerofotogramétrico são classificadas no padrão “A”. Assim qualquer coordenada obtida estará sujeita a uma composição de incertezas de 0.2mm na sua identificação e 0,5 mm na sua posição geográfica. Em uma carta topográfica de escala 1:100.000, por exemplo, as incertezas seriam 20 m e 50 m respectivamente.

Já as medidas altimétricas estão sujeitas ao PEC altimétrico que é de meia eqüidistância das curvas de níveis o que numa carta de 1:100.000 (Eq = 50 m) daria uma incerteza de 25 m.

CONSIDERAÇÕES SOBRE PRECISÃO EM CARTOGRAFIA DIGITAL

Os projetos de Geoprocessamento devem permitir a incorporação de dados geográficos provenientes de diferentes fontes. Assim, em um mesmo projeto de Geoprocessamento haverá informações de posições geográficas com diferentes graus de precisão/confiabilidade.

Um bom projeto deverá trazer indicativos sobre a origem e grau de confiabilidade de cada informação geográfica componente do sistema. Isto dará subsídios aos usuários do sistema para avaliar a precisão e confiabilidade de consultas e análises derivadas da base de dados do projeto.

Em Cartografia digital o erro gráfico desaparece, porém existe o PEC que costuma ser chamado de resolução. Os trabalhos digitalizados a partir de cartas topográficas impressas poderão manter o PEC da carta original, desde que seja feito controle adequado do processo de digitalização. *Nenhuma digitalização poderá ter um PEC superior ao da carta impressa que lhe deu origem.*

No processo de digitalização com mesa digitalizadora é recomendável que a calibração da mesa seja feita com pelo menos 6 pontos de controle bem distribuídos. O erro

percentual máximo deve ser de 0,03%. Os parâmetros dos comandos de digitalização contínua (stream delta) devem ser, no máximo, 0.3 mm na escala do mapa, a “tolerância”, no máximo, 1 mm na escala do mapa e “angle”, em torno de 10°.

Quando a entrada de dados gráficos implicar em transformações geométricas com ajustes pelo método dos mínimos quadrados (digitalização sobre imagens provenientes de scanners, ou arquivos digitais de origem desconhecida, etc.), deve-se analisar os resíduos da transformação que devem ser, em princípio, inferiores ao PEC desejado para o trabalho.

As feições gráficas do projeto criadas a partir da entrada de coordenadas de levantamentos de campo terão, em princípio, a precisão/confiabilidade dos instrumentos e métodos de coleta (GPS, Topografia, Geodésia, Fotogrametria, etc.)

10 - ATUALIZAÇÃO DE CARTAS E PLANTAS

Conforme discutido em tópicos anteriores a forma padrão e tradicional de mapear áreas extensas é o método aerofotogramétrico que consiste de várias etapas. O processo aerofotogramétrico é geralmente utilizado para mapear a área pela primeira vez ou após um longo período sem atualização.

No caso de complementação, atualização e lançamento de dados em cartas e plantas topográficas já existentes os trabalhos podem ser feitos por diversos métodos. Com o avanço da tecnologia podemos destacar três técnicas que podem ser utilizadas separadamente, sendo porém muito comum em trabalhos de envergadura a sua utilização conjunta. Para melhor compreensão abordamos a seguir cada uma delas

ESTAÇÕES TOTAIS

As estações totais constituem a versão moderna dos instrumentos de levantamentos topográficos tradicionais (teodolitos, miras, trenas, correntes, etc.). Estes equipamentos incorporam em um só aparelho diversas facilidades como medidores de ângulos horizontais e verticais, medidores eletrônicos de distâncias, microprocessador, memória para armazenamento de dados e programas, programas para cálculo de coordenadas, cálculo de distâncias planas e diferenças de níveis, avaliação de áreas, cálculo indireto de distâncias, etc. coletores de dados e facilidade de transferência de dados para computadores o que dispensa o uso de caderneta de anotações, facilidade de comunicação com softwares de SIG, além de outras facilidades que as tornam bastante versáteis e produtivas para uso em Geoprocessamento.

SISTEMA GPS

O Sistema de Posicionamento Global - GPS foi projetado de forma que em qualquer lugar do mundo e a qualquer instante existam pelo menos quatro satélites GPS acima do horizonte do observador. Esta situação garante a condição geométrica mínima necessária a navegação em tempo real. O advento do sistema veio causar uma grande revolução na navegação e na aquisição de dados geográficos. Utilizando receptores GPS apropriados e métodos adequados de operação, é possível coletar dados geográficos em tempo real com precisão variável desde 20 metros até alguns centímetros.. O Sistema GPS veio a substituir com grandes vantagens os métodos astronômicos e a geodésia convencional. A utilização de equipamentos autônomos em posicionamento

isolado fornece posições com precisão da ordem de 10 a 20 metros o que resolve as necessidades de muitas aplicações. Para aplicações de precisão é necessário utilizar métodos diferenciais que melhoram significativamente os resultados e garantem precisão submétrica. Como os dados GPS são registrados através de coordenadas eles poderão ser facilmente incorporados aos mapas. Os modernos sistemas de coletar de dados GPS possuem inúmeras facilidades integradas de hardware e software para registro de pontos, linhas e polígonos, associação de atributos, transferência e conversão de dados, etc.

IMAGENS DE SATÉLITES DE OBSERVAÇÃO DA TERRA

A partir do lançamento do programa LANDSAT em 1972 e do sucesso da sua operação ao longo dos anos, muitos sistemas de satélites de observação da Terra têm sido lançados e atualmente existem vários deles fazendo imagens da Terra com diferentes características para atender a diferentes aplicações. Os satélites de observação da Terra são capazes de fazer imagens de qualquer lugar da Terra com uma periodicidade muito grande. Várias empresas de sensoriamento remoto comercializam as imagens nos formatos digitais padrões de mercado. Os Softwares de Cartografia digital e Geoprocessamento podem ler as imagens, registra-las com os elementos dos mapas digitais ou com coordenadas de pontos do terreno e assim a carta poderá ser atualizada nos seus aspectos de modificações mais dinâmicos.

11- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blachut. Teodor J, **Cartografia y Levantamientos Urbanos**, Springer-Verlag, New York 1979
- Burrough, P. A. **Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment**. New York, 1986. 193 p.
- Cêurio de Oliveira, **Cartografia Moderna**. IBGE, 1993
- Davis, R. E. et all. **Surveying Theory and Practice**, ed McGraw Hill, 1981
- Domenech, Francisco Valdés. **Practicas de Topografia, Cartografia e Fotogrametria**. Barcelona, CEAC, 1981.
- Erwin Raisz. **Cartografia Geral**, Rio de Janeiro, Científica, 1969
- IBGE Departamento de Geodésia. **Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos**, Rio de Janeiro, 1996
- Paredes, Evaristo Atencio, **Introdução a aerofotogrametria para engenheiros**, CNPQ/CONCITEC, 1987
- Paredes, Evaristo Atencio, **Práticas aerofotogrametricas e suas aplicações na engenharia**, CNPQ/CONCITEC, 1987
- Robinson, A.H.; Sale, R.; Morrison, J. **Elements of cartography**. New York, John Wiley & Sons, 1978.
- Richardus, P.; Adler R.K. **Map projections for geodesists, cartographers and geographers**. Netherlands, North-Holland, 1972. 174 p.

12 - QUESTÕES DE AVALIAÇÃO

Exercícios práticos com cartas topográficas impressas

1. Desenhar na carta topográfica os limites de uma Unidade de Conservação (UC) cujas coordenadas UTM dos vértices são:

V1= 592000, 7691000 V2= 594750, 7691000 V3= 595040,
7689400
V4= 594550, 7687500 V5= 591300, 7687500

1. Medir o perímetro (soma dos lados) da UC com um escalímetro ou régua graduada
2. Acrescentar a partir do vértice V5 da UC, uma trilha levantada no campo por azimutes de bússola e distâncias de trena, conforme a caderneta abaixo:

Azimute (graus)	Distância (metros)
80°	700 m
150°	500 m
210°	600 m

1. Demarcar uma invasão na UC com a seguinte descrição perimétrica: Começa na divisa 200 m a frente do vértice V2, neste ponto com deflexão a direita de 80 graus percorre-se 1500 m, daí com deflexão a esquerda de 100 graus percorre-se 700 m, daí com deflexão a esquerda de 20 graus percorre-se até encontrar novamente a divisa do parque.
2. Achar as coordenadas UTM e coordenadas Geográficas da entrada e da sede da UC.
3. Achar a distância em linha reta entre a sede e a entrada da UC, utilizando a escala e calculando por coordenadas UTM, comparar os resultados.
4. Achar o azimute entre a sede e a entrada da UC, utilizando o transferidor e calculando por coordenadas UTM, comparar os resultados .
5. Encontrar as altitudes dos vértices da divisa da UC
6. Desenhar com um símbolo adequado uma espécie vegetal encontrada na UC, nas coordenadas obtidas com GPS: E = 596600 e N = 7687200
7. Calcular a área total da UC pelo método de coordenadas e pela divisão em figuras geométricas mais simples.
8. Identificar o ponto mais alto e o ponto mais baixo da UC.
9. Identificar áreas de relevo plano dentro da UC.
10. Identificar áreas de relevo acidentado dentro da UC.
11. Identificar encostas de declividades maiores que 50%.
12. Identificar dentro da UC: rios, córregos, lagos, vales, colinas, edificações, estradas e trilhas.
13. Identificar diferentes tipos de cobertura vegetal dentro da UC e nas cartas topográficas.
14. Demarcar uma divisa da UC descrita por um divisor de águas e pelo leito de um córrego.
15. Marcar as coordenadas UTM de vários pontos GPS e desenhar a planta na escala 1:2000 por coordenadas UTM. Dividir os alunos em 3 grupos de levantamento: o primeiro na sede, o segundo na estrada até o mirante, o terceiro na estrada até o portão de entrada.

13 - PRÁTICAS DE LABORATÓRIO

UTILIZANDO O MICROSTATION/GEOCOORDINATOR

O Microstation/Geocoordinator é um gerenciador de sistemas de projeções cartográficas totalmente integrado ao Microstation que permite:

- Atribuir um sistema de projeção/sistema de coordenadas a arquivos gráficos individuais
- Ler coordenadas cartográficas de arquivos gráficos com um sistema de coordenadas/projeção já atribuído
- Converter arquivos gráficos em diferentes sistemas de coordenadas/projeções cartográficas
- Produzir grades de coordenadas em diferentes sistemas de projeções cartográficas

NOTAS

- ✎ Arquivos 2D e 3D podem ser transformados, porem as altitude serão preservadas.
- ✎ As transformações podem ser feitas nos arquivos de Referência e Master, porem os resultados serão sempre salvos no arquivo Master.
- ✎ Na pasta WIN32APP\USTATION\GEOCOORD\DGN\SEED existem vários arquivos de exemplo:
- ✎ Arquivos de exemplo que começam com 1 contêm dados que abrangem continentes terrestres
- ✎ Arquivos de exemplo que começam com seed_ estão vazios e contêm arquivos de referência com sistemas de projeção apropriados para transformação.

PASSOS TÍPICOS PARA TRANSFORMAÇÃO

Acesse o Geocoordinator digitando MDL LOAD GCOORD

Crie um arquivo vazio, defina o sistema de projeção desejado para seus dados e salve no arquivo

Attache os mapas com dados a serem transformados como arquivos de referência

Busque o sistema de coordenadas de referência (a transformar) do próprio arquivo de referência se existir

Utilize uma fence ou transforme os arquivos de referência inteiros para o arquivo Master (os arquivos de referência não serão afetados)

Após completada a transformação modifique o sistema de referência para latitude/longitude

EXEMPLO PRÁTICO

Transformar um mapa na projeção de Mercator para projeção de Robinson

Abra o arquivo WIN32APP\USTATION\GEOCOORD\DGN\SEED\SEED_WOR.DGN (este arquivo está vazio e não tem projeção atribuída, porem contem dois arquivos na projeção Mercator atachados como referência).

Salve o arquivo com outro nome na sua pasta para preservar o original.

Acesse o Geocoordinator digitando MDL LOAD GCOORD

MASTER>EDIT

Clique Botão STANDARD/CONIC/CYLINDER/AZIMUTHAL/OTHER>OTHER
ROBINSON

Parâmetros: DATUM:WGS84; LONG ORIGIN:0; FALSE E:0; FALSE N:0

MASTER>SAVE e feche o dialogo

REFERENCE>SELECT /GEOCOORD/DGN/SEED/1WC_MRC.DGN

TRANSFORM>TRANSFORM ALL (AS FENCE) e clique o mouse em qualquer ponto do arquivo para confirmar

Desative a visualização dos arquivos de referência FILE>REFERENCE

/GEOCOORD/DGN/SEED/1WC_MRC.DGN display off

/GEOCOORD/DGN/SEED/1WG_MRC.DGN display off

Os elementos dos dois arquivos de referência foram transformados e copiados para o Master. Os arquivos de referência não são alterados

FAÇA TESTES NO NOVO ARQUIVO

Botão STANDARD/CONIC/CYLINDER/AZIMUTHAL/OTHER> STANDARD

GEOGRAPHIC LATITUDE/LONGITUDE e Feche o dialogo

ative o dialogo TOOLS INPUT/READOUT

Examine os valores de Latitude e Longitude que são transformados a partir do sistema de projeção

EXERCÍCIOS PROPOSTOS:

- Atribuir um sistema de projeção e sistema de coordenadas a um arquivo gráfico.
- Transformar três mapas individuais de três fusos UTM adjacentes em um único mapa na projeção Cônica Conforme de Lambert.
- Transformar um mapa do Brasil inteiro para a projeção UTM zona 23 e confirmar as enormes deformações.

O DIALOGO INPUT/READOUT

Mostra coordenadas em ambos sistemas de coordenadas Master e Referência

Você clica no botão >Mas e as coordenadas digitadas no sistema Referência X, Y são transformadas para o sistema Master

Você clica no botão >Ref e as coordenadas digitadas no sistema Master X, Y são transformadas para o sistema Referência

Marcando Tracking, Databutton ou Labels as coordenadas do cursor serão transformadas.

No Tracking todos os pontos do cursor são transformados e mostrados continuamente com o deslocamento do mouse

No Databutton é similar ao Tracking, porem os pontos do cursor somente são transformados e mostrados quando o mouse é clicado

O campo Measurements só será calculado se Databutton estiver ativado. As medidas são calculadas no sistema Master para os dois últimos pontos. A reativação do Databutton inicializa as medições.

Ref. Labels escreve no arquivo gráfico os valores de coordenadas dos pontos clicados ou digitados.

EXERCÍCIOS UTILIZANDO O DIALOGO INPUT/READOUT

- Obter coordenadas em uma carta topográfica e transformar UTM para geográficas e vice versa
- Obter coordenadas em uma carta topográfica e transformar coordenadas no datum Córrego Alegre para SAD69 e WGS84 e vice versa. Verificar as diferenças para diferentes lugares do Brasil.
- Obter coordenadas em uma carta topográfica e desenhar os pontos no arquivo gráfico no mesmo sistema da carta
- Obter coordenadas em uma carta topográfica desenhar os pontos e calcular distâncias e azimutes. Comparar os resultados com os valores da carta topográfica.
- Testar o fator de escala da projeção em diferentes regiões de um mapa digital e em diferentes projeções

UTILIZANDO O MAPINFO

O MAPINFO é um DESKTOP/GIS bastante simples e de fácil compreensão, que incorpora ferramentas poderosas para usuários mais modestos. O MAPINFO atende a um razoável percentual das aplicações de Geoprocessamento na faixa de pequenos e médios usuários.

Explorar os tópicos

Transformação sistemas de coordenadas/projeções

Criar pontos sendo dadas as suas coordenadas geográficas ou UTM

Medidas de comprimentos, perímetros e áreas

Leitura de coordenadas de pontos

Exercícios Práticos de Laboratório Extra Classe

Criar um mapa no MAPINFO com as coordenadas geográficas dos cantos das folhas do mapeamento sistemático brasileiro de escala 1:50.000 de um fuso UTM completo (6°) entre as latitudes 14° S e 20° S.

1. utilizar o comando criar pontos; projeção: Lat, Lon (Equidistante Transversal); Datum SAD69.
2. Transformar para a projeção UTM, fuso ..?.. e medir as coordenadas UTM dos pontos.
3. Medir os comprimentos dos lados e áreas de algumas folhas, comparar os resultados e tirar suas próprias conclusões

Mudar o Datum para Córrego Alegre e repetir os itens 2 e 3

Mudar o Datum para WGS84 e repetir os itens 2 e 3

Transformar o mapa anterior para a projeção Cônica Conforme de Lambert com os seguintes parâmetros:

Origem: Equador e Meridiano Central = ao UTM

Paralelos padrões: 20°s e 40°s

Falso Norte: 10.000.000,00 m

Falso Este: 500.000,00 m

Criar um mapa no MAPINFO, na projeção: Lat, Lon (Equidistante Transversal), no Datum Sad69, com as coordenadas geográficas dos cantos das folhas do mapeamento

sistemático de escala 1:500.000, entre as latitudes 14°S e 25° S, abrangendo os 3 fusos UTM que cobrem o estado de Minas Gerais.

Criar no MAPINFO, no Datum Sad69, um sistema de projeção UTM modificado (TM) com os meridianos de secância passando a cerca de 500 km do MC de 45°. Transformar o mapa do exercício anterior para esta projeção.

Tente Realizar os exercícios anteriores utilizando Micostation/Geocoordinator