



Universidade Federal de Santa Catarina
Centro Tecnológico
Departamento de Engenharia Civil

Apostila de Topografia



Apostila didática para alunos das disciplinas
ECV5136 – Topografia I - Planimetria
ECV5137 – Topografia II – Altimetria

Professor Cláudio Cesar Zimmermann
Programa de Educação Tutorial de Engenharia Civil – PET/ECV



Agosto de 2017
2ª Edição



Universidade Federal de Santa Catarina
Centro Tecnológico
Departamento de Engenharia Civil

Apostila de Topografia

Cláudio Cesar Zimmermann

Colaboração do Servidor da UFSC: Eng.º Sálvio José Vieira

Colaboração de Bolsistas PET/ECV: Camile Luana Kaestner

Eduardo Deuschle

Renato P. Arosteguy Ostrowski

Árina Brugnago Bridi

Juliana Vieira dos Santos

Luciano Lopes Bertacco

Paulo Sérgio dos Santos

Agosto de 2017
2ª Edição

Sumário

Planimetria

1	Introdução	6
1.1	Definição	7
1.2	Objetivos	8
1.3	Divisão e Aplicação	8
1.4	Topografia e Geodésia	9
1.5	Formas da Terra	10
1.5.1	Modelo Real	10
1.5.2	Modelo Geoidal	10
1.5.3	Modelo Elipsoidal	10
1.5.4	Modelo Esférico	16
2	Ângulos	17
2.1	Ângulos Verticais	17
2.1.1	Zenital	17
2.1.2	Nadiral	17
2.1.3	Inclinação	17
2.2	Ângulos Horizontais	18
2.2.1	Internos	18
2.2.2	Externos	19
2.2.3	Deflexão	Erro! Indicador não definido.
2.2.4	Orientação	20
2.3	Relação entre os ângulos horizontais	22
2.3.1	Relação entre Azimute e Rumo	22
2.3.2	Relação entre Azimute e Deflexão	22
3	Medidas de distâncias horizontais	24
3.1	Metodologia	24
3.1.1	Reconhecimento do Terreno: Poligonal	24
3.2	Métodos de Levantamento da Poligonal	25
3.2.1	Levantamento por Irradiação	25

3.2.2	Levantamento por Interseção.....	26
3.2.3	Levantamento por caminhamento	27
3.3	Marcos e RNs.....	27
3.4	Croqui.....	28
4	Projeções Cartográficas e Sistemas de Coordenadas	29
4.1	Tipos de Projeções	30
4.2	Coordenadas Geográficas e Geodésicas.....	31
4.3	Coordenadas Retangulares	33
4.3.1	Coordenadas Cartesianas.....	33
4.3.2	Coordenadas Topográficas Locais.....	33
4.3.3	Coordenadas UTM	33
5	Magnetismo Terrestre	41
5.1	Polos Magnéticos e Polos Geográficos	42
5.2	Declinação Magnética e Convergência Meridiana.....	42
5.2.1	Variações geográficas.....	43
5.2.2	Variações anuais.....	44
5.2.3	Variações locais e acidentais	44
5.2.4	Cartas Magnéticas – Variações e Cálculos.....	45
6	Levantamentos Topográficos	46
6.1	Definição	46
6.2	Tipos de Levantamentos.....	46
6.2.1	Levantamento Planimétrico.....	46
6.2.2	Levantamento Altimétrico.....	47
6.2.3	Levantamento Planialtimétrico.....	47
6.2.4	Levantamento Cadastral	47
7	Aparelhos	48
7.1	Teodolito	48
7.1.1.	Roteiro de Instalação do Teodolito.....	49
7.1.2.	Procedimento de leitura:.....	51
7.2	Estação Total.....	52
7.3	GPS – RTK (Real Time Kinematic)	53

8	Métodos de Medição de Ângulos Horizontais	55
8.1	Simples	55
8.2	Zeragem.....	55
8.3	Repetição.....	56
8.4	“Método Cláudio”	57
8.5	Reiteração.....	58
8.6	Erros Angulares e Retificação.....	59
8.6.1	Retificação do teodolito.....	60
9	Obtenção de Medidas Horizontais da Poligonal	62
9.1	Cálculo da Distância entre Dois Vértices.....	62
9.2	Erro Linear Máximo.....	62
9.3	Fórmula do Semi-perímetro para Cálculo de Área	62

Altimetria

10	Nivelamento do Terreno.....	64
10.1	Taqueometria.....	65
10.2	Nivelamento Geométrico	68
10.2.1.	Nível	69
10.2.2.	Mira	70
10.2.3	Métodos de Nivelamento Geométrico.....	70
10.2.4	Conceitos Importantes para o Nivelamento Geométrico:.....	72
10.2.5	Verificação do Nivelamento	73
10.3	Batimetria.....	75
10.4	Nivelamento de Mangueira	77
10.5	Controle de Recalques.....	78
10.5.1	Tipos de Recalques.....	78
10.5.2	Causas de Recalques.....	78
10.5.3	Avaliação de Recalques.....	79
10.5.4	Controle de Recalques	79
11	Desenho de Topografia – Projetos em CAD	81
12	Aplicações da Topografia na Engenharia Civil.....	82

12.1	Construção Civil.....	82
12.1.1	Locação de Obras e Edificações.....	82
12.2	Estradas	83
12.3	Aeroportos.....	84
12.4	Hidrologia	84
12.5	Portos.....	85
12.6	Loteamentos	85
12.7	Planejamento Urbano	85
12.8	Perícias	85
	Bibliografia	86

Planimetria

1 Introdução

Imagine que você possui um terreno e deseja projetar uma casa para ser construída nele. Um dos pontos essenciais para início de projeto é o conhecimento do terreno, incluindo as propriedades do solo (o que será abordado em outras disciplinas) e a forma de sua superfície. Por exemplo, a concepção de um projeto com dois ou mais níveis em terreno plano ou de uma residência plana em terreno acidentado certamente exigirá adaptações na superfície, o que poderá ser programado somente com o conhecimento de suas dimensões e outras características, como a presença de vegetação. Dessa forma, a Topografia apresenta-se como a ciência que trata da obtenção dessas informações sobre uma determinada área.



Projeto adaptado ao terreno - <http://www.aeex.com.br/casas/projetos/7/casa-aeex-4--arquitetonica>

Imagine agora como seria se todas as propriedades fossem avaliadas individualmente por seu responsável, apenas para serem obtidas informações locais, sem tomar-se conhecimento dos limites dos terrenos e as relações entre si. Certamente haveria discordâncias com relação às dimensões das propriedades. E, de fato, isso ocorria nos tempos antigos, quando não havia padronização e referências para os projetos.

No sistema de cadastro de propriedades, a representação gráfica das parcelas é feita através de um sistema de projeção adotado no país ou no continente, que melhor represente a sua superfície territorial, vinculado a uma estrutura geodésica de referência. A única definição segura e confiável dos limites das propriedades (parcelas territoriais) se obtém por medições adequadas vinculadas a uma estrutura geodésica de referência permanente e convenientemente materializada no terreno (BLACHUT, et. al, 1979,p.349).

A Norma Técnica Brasileira 13.133 define o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) como:

O conjunto de pontos geodésicos descritores da superfície física da Terra, implantados e materializados na porção da superfície terrestre delimitada pelas fronteiras do país com vistas às finalidades de sua utilização, que vão desde o atendimento a projetos internacionais de cunho científicos, passando a amarração e controles de trabalhos geodésicos cartográficos, até o apoio aos levantamentos no horizonte topográfico, onde prevalecem os critérios de exatidão sobre as simplificações para a figura da Terra (NBR 13.133/1994 (1994, p. 5)).

1.1 Definição

Topografia: do grego *Topos* (lugar, paisagem), *Graphien* (descrever).

Por definição, Topografia é a ciência aplicada que determina o contorno, as dimensões, a altura de pontos em relação a uma Referência de Nível, o relevo, a área e a posição relativa de pontos de uma determinada área (uma gleba) da superfície terrestre (Georreferenciadas), ou ainda, do fundo dos mares, rios, lagos, lagoas, interiores de minas e túneis. Isto é possível através da determinação (medição) de ângulos, distâncias, altitudes (ou cotas) e/ou coordenadas.

Espartel afirmava que:

“a Topografia é uma ciência aplicada, baseada na Geometria e na Trigonometria, de âmbito restrito, pois é um capítulo da Geodésia, que tem por objeto o estudo da forma e dimensões da Terra.” (ESPARTEL, LÉLIS. Curso de Topografia, 1978, p. 3)

Porém, com o avanço tecnológico, os equipamento topográficos tornaram-se eficazes e “globais”, alterando, sobremaneira, este conceito. Pode-se afirmar que a Topografia não é mais pontual (parcelar), e sim globalizada. Em sua ampla divisão, teremos diversas ciências correlatas, cada qual se dedicando a uma finalidade específica na realização do estudo de seu objeto.

Denomina-se Levantamento Topográfico a atividade realizada em campo que visa coletar dados para posterior representação do terreno. O Nivelamento é a operação de altimetria utilizada para obter as distâncias verticais entre planos horizontais, através de **cotas** ou **altitudes**. Os padrões que regem e regulamentam os procedimentos de levantamento topográfico e nivelamentos estão descritos na NBR 13.133.

Destaca-se, nesta norma, a classificação da aparelhagem a ser utilizada; as recomendações gerais para procedimentos em campo, de acordo com a finalidade de cada

levantamento; e os procedimentos de escritório, cálculo e aceitação de erros. Os tópicos são tratados em capítulos individuais.

A NBR 14.166 estabelece diretrizes para a elaboração e a atualização de plantas cadastrais municipais, a fim de amarrar os serviços de topografia e visando suas incorporações às plantas cadastrais do município. Além disso, objetiva referenciar os serviços topográficos de demarcação, de anteprojetos, de projetos, de implantação e acompanhamento de obras de engenharia em geral, de urbanização, de levantamentos de obras como construídas (*as built*) e de cadastros imobiliários para registros públicos e multifinalitários. Já a NBR 15.777 estipula os procedimentos a serem aplicados na elaboração de mapeamentos, cartas e plantas cadastrais e a padronização de simbologia aplicável.

Os processos descritos na apostila são baseados nessas normas e na bibliografia publicada sobre o assunto, sempre visando à redução de erros de medição e proporcionando um trabalho de campo e escritório mais eficiente.

1.2 Objetivos

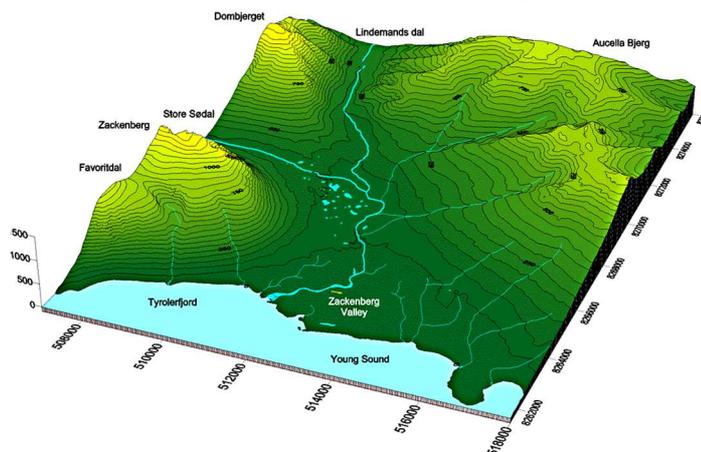
A Topografia tem, por objetivo, representar graficamente o contorno, as dimensões, a altura de pontos, o relevo, a área e a posição relativa de todos os pontos de uma determinada parte da superfície terrestre, em projeção horizontal, fornecendo a área e posição altimétrica. Ou ainda, rios, lagos, lagoas, interiores de minas e túneis. Isto é possível através da determinação de ângulos, distâncias e/ou coordenadas (altitudes ou cotas). É seu objetivo final proporcionar um desenho em projeção horizontal de uma figura que seja a reprodução fiel e expressiva da área do terreno estudado.

1.3 Divisão e Aplicação

Usualmente divide-se a Topografia em **Topometria** e **Topologia**.

A **Topometria** trata da determinação das medidas e localização de pontos, detalhes, alinhamentos e cotas, enfim, a obtenção de dados e medidas capazes de descrever a superfície que se está estudando. Por sua vez, é dividida em **Planimetria**; que se ocupa da medição de pontos na superfície terrestre projetados em um plano de referência horizontal (objeto de estudo da disciplina **Topografia I**); e a **Altimetria**, que trata de determinar as cotas e diferenças de níveis de pontos na superfície, utilizando-se de vários métodos (estudado em **Topografia II**).

Já a **Topologia** estuda o formato do relevo terrestre, sua representação em plantas e a modelagem da superfície, seguindo leis e postulados



matemáticos. É complemento indispensável da Altimetria, na medida em que auxilia o desenho de curvas de nível e interpolação de cotas.

Terreno modelado com curvas de nível -

<http://www.zackenberg.dk/fileadmin/Resources/DMU/GEM/Zackenberg/pdf/map3d.gif>

A Topografia é aplicada em várias situações, desde as mais tradicionais, como cadastros latifundiários e levantamento de relevos, controles de recalque, batimetria, locação de obras etc., servindo de base para qualquer projeto de Engenharia e/ou Arquitetura. Por exemplo, os trabalhos de *obras viárias, núcleos habitacionais, edifícios, aeroportos, hidrografia, hidrelétricas, telecomunicações, sistemas de água e esgoto, planejamento, urbanismo, paisagismo, irrigação, drenagem, cultura, reflorestamento etc.*, são desenvolvidos em função do terreno disponível (DOMINGUES, 1979).

1.4 Topografia e Geodésia

Por definição, a Topografia se encarrega da obtenção e representação de dados relativos à superfície terrestre em um plano horizontal de referência. Porém, tal tratamento acarreta alguns inconvenientes à precisão e à veracidade do modelo de superfície gerado por um levantamento topográfico comum.

Como veremos adiante, a superfície terrestre, por sua própria natureza, não pode ser representada por modelos matemáticos precisos. Mesmo porque se trata de algo que se aproxima a um elipsoide de revolução (uma elipse girada em seu eixo menor, ou uma esfera com achatamento). Desta forma, a Topografia propõe-se a representar uma porção plana da superfície terrestre, portanto, teoricamente seria desconsiderada a curvatura terrestre.

A pequenas distâncias, o erro de medição ocasionado pela curvatura terrestre é muito pequeno, podendo, com vantagem, ser desconsiderado. Entretanto, a deformação começa a ser sensível a uma distância maior que 30km. Este costumava ser o objetivo da Geodésia.

A Geodésia representa, através de recursos de geometria esférica, processos e equipamentos especiais, as malhas triangulares que estão justapostas ao elipsoide de revolução, determinando com precisão as coordenadas dos vértices destes triângulos. A Topografia se ocupa com o detalhamento destas malhas, onde a abstração da curvatura terrestre acarretaria um erro admissível.

É comum também nomear o todo como Geodésia, dividindo-na em:

- Geodésia Superior ou Geodésia Teórica: É basicamente a definição de Geodésia anterior, subdividindo-se em Geodésia Física e Geodésia Matemática. Tem como finalidade determinar e representar a figura da Terra em termos globais;
- Geodésia Inferior ou Geodésia Prática: Também chamada de Topografia. Trata de levantar e representar pequenas porções da Terra.

O conceito de que a Topografia, por abranger uma porção da superfície terrestre, despreza a sua curvatura, não se aplica à atualidade. Devido aos avanços tecnológicos, as definições de Geodésia Superior e Inferior estão intimamente relacionados. Veremos que o uso de GNSS (*Global Navigation Satellite System*): GPS (Global Positioning System); GLONAS; GALILEU e Estações Totais, os quais trabalham diretamente com informações obtidas a partir da Geodésia Matemática e Física, remete a um levantamento que, mesmo sendo em pequenas proporções, utiliza diretamente dados que carregam consigo informações sobre a forma e curvatura terrestre, elementos utilizados essencialmente na Geodésia Superior.

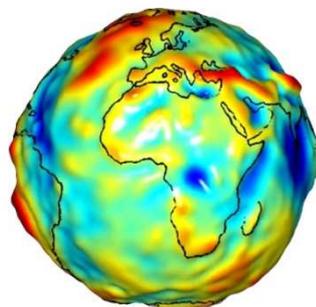
1.5 Formas da Terra

1.5.1 Modelo Real

O Modelo Real foi criado para representar a superfície da Terra exatamente como ela é. No entanto, devido à irregularidade da superfície, este modelo não dispõe, até o momento, de definições matemáticas adequadas a sua representação. Trata-se de um modelo de difícil **representação**, que não é completo por não poder representar toda a Terra. Em função disso, outros modelos menos complexos foram desenvolvidos.

1.5.2 Modelo Geoidal

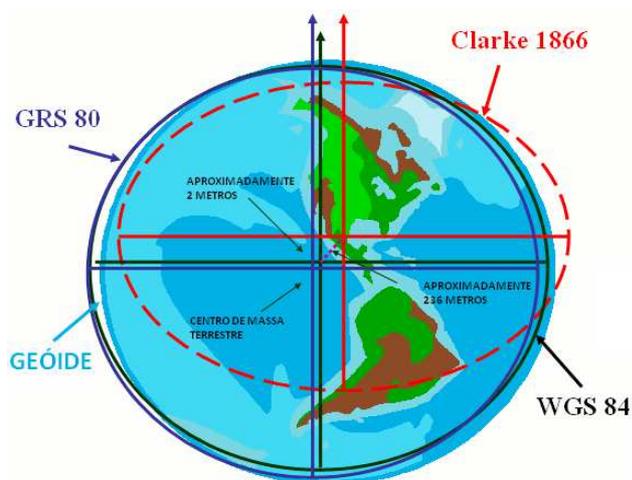
O Geóide é uma superfície fictícia, formada pelo nível médio dos mares (NMM), prolongada pelos continentes, formando uma superfície irregular, de representação matemática não precisa. Evidentemente, irá representar a superfície do terreno deformada em relação a sua forma e posição reais. É uma superfície equipotencial, ou seja, a aceleração da gravidade (g) é constante para todos os seus pontos.



Modelo Geoidal - <http://jauladepalabras.netii.net/?p=309>

1.5.3 Modelo Elipsoidal

O Modelo Elipsoidal, apesar de gerar uma superfície com deformações relativamente maiores que o Geoidal, é o **mais usual** entre os modelos que serão apresentados em função de se tratar de um modelo matemático. Nele, a Terra é representada por uma superfície



gerada a partir de um **elipsoide de revolução**. As figuras são utilizadas para Elipsoides de Referência, que servem de base para um sistema de coordenadas de latitude (norte/sul), longitude (leste/oeste) e elevação (altura).

Visando diminuir erros, cada região adota um elipsoide que mais se adapte ao relevo local. Com isso temos hoje em dia uma grande quantidade de elipsoides em utilização, dependendo do continente ou mesmo o país em questão.

Geóide e exemplos de Elipsoides de Referência

Entre os elipsoides mais utilizados para a representação da superfície terrestre estão os de: Bessel (1841), Clarke (1866), Helmert (1906), Hayford (1910) e o Novo Internacional (1967). O modelo WGS84 é um exemplo de *data* geodésico **geocêntrico**, pois é estabelecido com o auxílio de GNSS num contexto de Sistema de Posicionamento Global.

No Brasil, as cartas produzidas no período de 1924 até meados da década de 80 utilizaram como referência os parâmetros de Hayford. A partir desta época, as cartas produzidas passaram a adotar como referência os parâmetros definidos pelo Geodetic Reference System – GRS 67.

Estes parâmetros são:

DATA = SAD 69 (CHUÁ);

a = 6.378.160 m;

f = 1 – b/a = 1/298,25.

Onde:

DATA: é um sistema de referência utilizado para a correlação dos resultados de um levantamento. Existem os Data Vertical e Horizontal. O Datum Vertical é uma superfície de nível utilizada para o referenciamento das alturas de pontos medidas sobre a superfície terrestre. O Datum Horizontal, por sua vez, é utilizado no referenciamento das posições planimétricas medidas sobre a superfície terrestres. Este último é definido pelas coordenadas geográficas de um ponto inicial, pela direção da linha entre ele e um segundo ponto especificado, e pelas duas dimensões (a e b) que definem o elipsoide utilizado para representação.

SAD: South American Data, oficializado para uso no Brasil em 1969, é representado pelo vértice CHUÁ (datum horizontal), situado próximo à cidade de Uberaba-MG. No Brasil, o datum vertical é determinado pelo marégrafo de Imbituba-SC.

a: é a dimensão que representa o semi-eixo maior do elipsoide (em metros);

b: é a dimensão que representa o semi-eixo menor do elipsoide (em metros);

f: é a relação entre o semi-eixo menor e o semi-eixo maior do elipsoide, ou seja, o achatamento terrestre.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), órgão responsável pela execução, normatização e materialização do Sistema Geodésico Brasileiro - SGB, apresentou

em outubro de 2000 para comunidade acadêmica, técnica e científica a proposta de atualização do sistema de referência nacional, através da criação do Projeto Mudança do Referencial Geodésico – PMRG. Este projeto teve como objetivo promover a substituição do sistema de referência que estava em vigor, o SAD 69 para o atual **SIRGAS2000** (PEREIRA et al, 2004).

Histórico (IBGE)

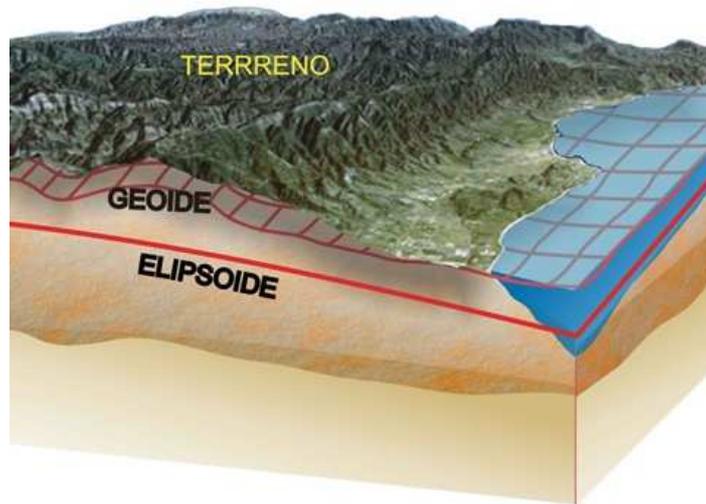
O projeto SIRGAS foi criado na Conferência Internacional para Definição de um Referencial Geocêntrico para América do Sul, realizada em outubro de 1993, em Assunção, Paraguai, a partir de um convite feito pelas seguintes instituições:

- Associação Internacional de Geodésia (IAG);
- Instituto Pan-Americano de Geografia e História (IPGH);
- National Imagery and Mapping Agency (NIMA).

Esta Conferência contou com uma expressiva participação de representantes de vários países da América do Sul, colaborando para o seu êxito. Na ocasião os objetivos definidos para o projeto foram:

1. Definição de um sistema geocêntrico de referência para a América do Sul, adotando-se o ITRS, realizado na época pelo Internacional Terrestrial Reference Frame (ITRF) de 1993 e o elipsoide do GRS-80;
2. Estabelecimento e manutenção de uma rede de referência; tarefa atribuída ao Grupo de Trabalho I (GT I) - Sistema de Referência;
3. Estabelecimento e Manutenção de um datum geocêntrico; tarefa atribuída ao Grupo de Trabalho II (GT II) - Datum Geocêntrico.

No Brasil, essa mudança para um sistema de referência geocêntrico foi estabelecida na legislação a partir do art. 1º do Decreto nº. 5.334 de 6 de janeiro de 2005, que altera a redação do art. 21 do Decreto nº. 89.817 de 20 de Junho de 1984, passando a vigorar com a seguinte redação: “Art. 21 – Os referenciais planimétrico e altimétrico para a Cartografia Brasileira são aqueles que definem o Sistema Geodésico Brasileiro – SGB, conforme estabelecido pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, em suas especificações e normas”. Esta mudança foi estabelecida pelo IBGE na Resolução PR – 1/2005 de fevereiro de 2005, onde o novo sistema de referência foi denominado de SIRGAS2000 em substituição ao elipsoide de Referência 1967, denominado no Brasil de SAD 69.



Referências de Nível - http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geodesia/que_es_geoide.a

A Resolução PR – 1/2005 estabeleceu ainda que, para o SGB, o SIRGAS2000 poderia ser utilizado em concomitância com o sistema SAD 69, sistema anterior, ficando ainda estabelecido pela resolução que o período de transição para o SIRGAS2000 não seria superior a dez anos, ou seja, até **2014**, tempo no qual os usuários deveriam adequar e ajustar suas bases de dados, métodos e procedimentos ao novo sistema. Desde 25 de fevereiro de 2015, o SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) é o único sistema geodésico de referência oficialmente adotado no Brasil. Entre 25 de fevereiro de 2005 e 25 de fevereiro de 2015, admitia-se o uso, além do SIRGAS2000, dos referenciais SAD 69 (South American Datum 1969) e Córrego Alegre. O emprego de outros sistemas que não possuam respaldo em lei, pode provocar inconsistências e imprecisões na combinação de diferentes bases de dados. fazer uso direto da tecnologia de GPS, uma importante ferramenta para a atualização de mapas, controle de frota de empresas transportadoras, navegação aérea, marítima e terrestre em tempo real. O SIRGAS2000 permite maior precisão no mapeamento do território brasileiro e na demarcação de suas fronteiras. Além disso, a adoção desse novo sistema pela América Latina contribuiu para o fim de uma série de problemas originados na discrepância entre as coordenadas geográficas apresentadas pelo sistema GPS e aquelas encontradas nos mapas utilizados no continente.

Parâmetros de Referência do sistema SIRGAS2000

O Datum geodésico SIRGAS tem como origem os parâmetros do elipsoide GRS80 (*Geodetic Reference System 1980*), sendo considerado idêntico ao WGS84 para efeitos práticos da cartografia. As constantes dos dois elipsoides são praticamente idênticas, com exceção de uma pequena variação no achatamento terrestre, que confere diferenças da ordem de um centímetro:

Conforme consta da Resolução PR – 1/2005, o SIRGAS2000 possui as seguintes características:

- Sistema Geodésico de Referência: Sistema de Referência Terrestre Internacional – ITRS;
- Figura Geométrica da Terra: Elipsóide do Sistema Geodésico de Referência de 1980 (Geoditic Reference System 1980 – GRS80):
 - Semi-eixo maior **a = 6.378.137m**
 - Achatamento **f = 1/298,257222101**

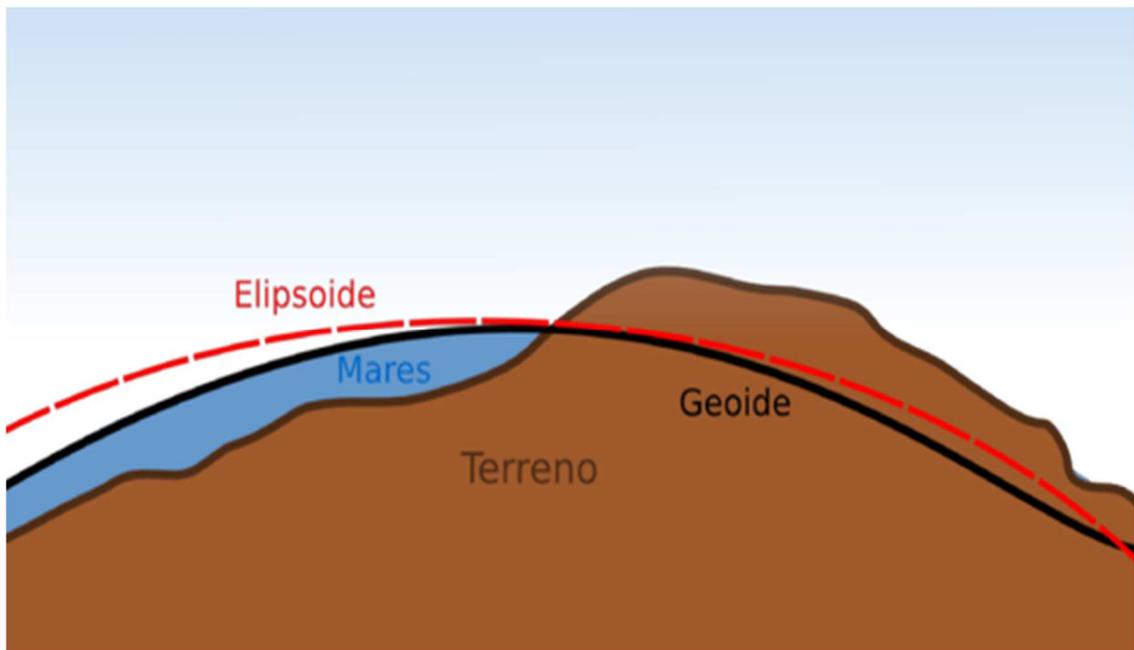
Observação: o fator de achatamento do elipsóide WGS84 é **f = 1/298,257223563**.

- Origem: Centro de massa da Terra;
- Orientação: polos e meridiano de referência consistentes em $\pm 0,005''$ com as direções definidos pelo BIH (Bureau International de l'Heure), em 1984,0;
- Estações de Referência: 21 estações da rede continental SIRGAS2000 estabelecidas no Brasil (dados disponíveis em: http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/pmrg/legislacao/RPR_01_25_fev2005.pdf);
- Época de Referência das coordenadas: 2000,4;
- Materialização: estabelecidas por intermédio de todas as estações que compõem a Rede Geodésica Brasileira, implantadas a partir das estações de referências;
- Velocidades das estações: para as aplicações científicas, onde altas precisões são requeridas, deve-se utilizar o campo de velocidades disponibilizado para a América do Sul no site do IBGE.

Para mais informações a respeito da mudança do referencial geodésico, você pode consultar a página do IBGE:

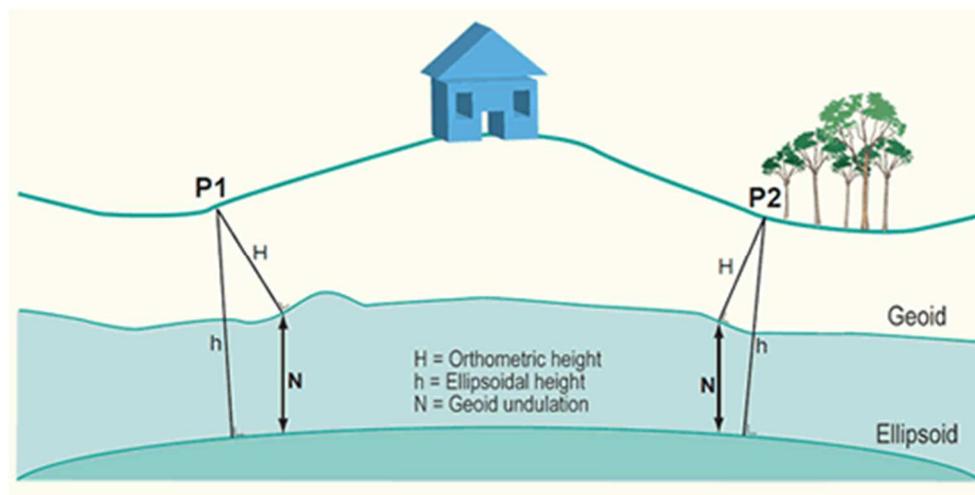
<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/pmrg/faq.shtm>.

Observação: Quanto às altitudes, deve-se tomar cuidado com o modelo de referência utilizado por cada aparelho. O GNSS (*Global Navigation System*) utiliza o modelo **Elipsoidal**, obtendo **altitudes geométricas**; enquanto que o modelo de referência para projetos deve ser o **Geoidal**, que fornece **altitudes ortométricas**.



Referências de Nível - http://www.igeo.ucm-csic.es/images/igeo/noticias/geoide_elipsoide.png

Para a conversão de altitudes geométricas em ortométricas, e vice-versa, faz-se necessário o conhecimento da Ondulação Geoidal Local, que é a diferença entre as duas medidas.

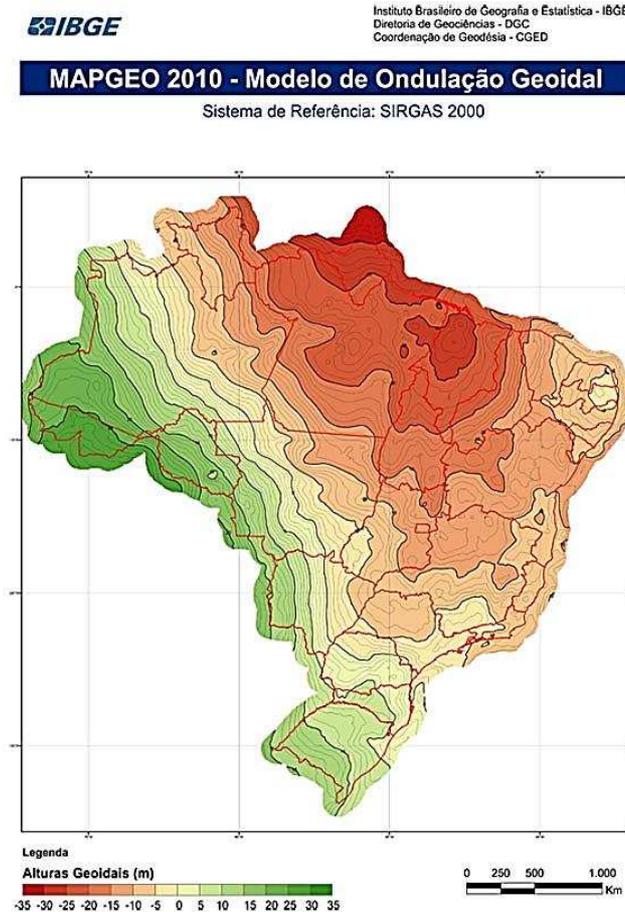


Ondulação Geoidal – N

O IBGE, através da Coordenação de Geodésia (CGED), produziu, juntamente com a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP, um Modelo de Ondulação Geoidal que possibilita aos usuários do GPS a conversão de altitudes geométricas em ortométricas, disponível para SIRGAS2000 e SAD69. O modelo MAPGEO2010 foi calculado com uma resolução de 5' de arco, e o Sistema de Interpolação de Ondulações Geoidais foi atualizado.

Ainda se faz necessária a maior densificação das linhas de ondulação geoidal para sua melhor aplicação. Alguns trabalhos continuam sendo desenvolvidos, como O MAPGEO2010,

para a obtenção da interpolação de ondulação geoidal a um nível de precisão satisfatório para levantamentos altimétricos.



Modelo de Ondulação Geoidal para SIRGAS2000 –

http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo_geoidal.shtmns/Figura1.jpg

1.5.4 Modelo Esférico

O Modelo Esférico, diferente de outros modelos, é bastante simples e de **fácil representação** matemática, onde a Terra é representada como se fosse uma esfera. Porém, é o modelo mais distante da realidade, por apresentar uma grande deformação em relação à forma e posição reais.



Modelo Esférico

2 Ângulos

2.1 Ângulos Verticais

Os ângulos verticais são medidos no plano vertical, perpendicular ao plano topográfico, e podem ser classificados em **zenital**, **nadiral** e **inclinação**. Os teodolitos analógicos são fabricados, em geral, com ângulo vertical nadiral; já nos teodolitos digitais e estações totais se pode escolher a origem do ângulo vertical.

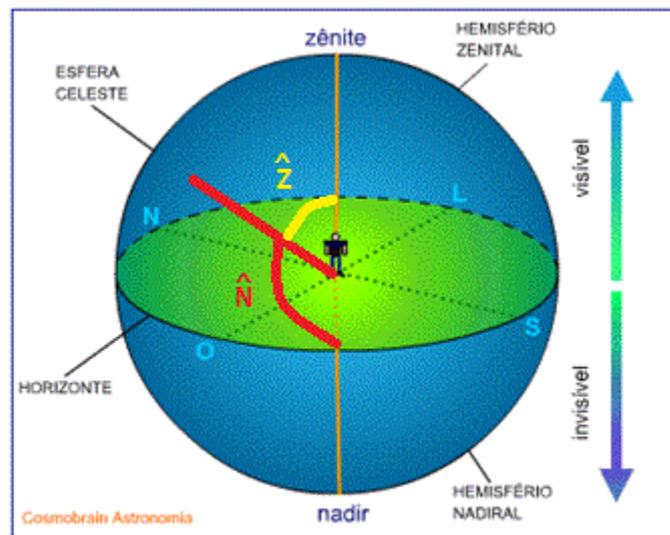
2.1.1 Zenital

O termo Esfera Celeste pode ser considerado como um globo fictício de raio indefinido, cujo centro radial é o olho do observador. Na esfera celeste os pontos das posições aparentes dos astros, independentemente de suas distâncias, marcam esta superfície hipotética.

O ângulo zenital trata-se do ângulo formado entre a linha vertical do lugar (alinhamento perpendicular à esfera celeste) **acima** do observador com a linha de visada.

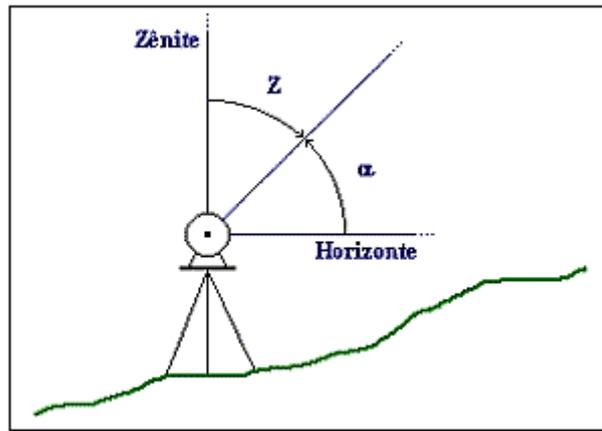
2.1.2 Nadiral

O ângulo nadiral é o ângulo formado entre a direção vertical **abaixo** do observador e a linha de visada.



2.1.3 Inclinação

A inclinação é uma medida angular entre a linha horizontal local (perpendicular ao Zênite) e a linha de visada.



Relação entre a Inclinação e o Zênite

[http://www2.uefs.br/geotec/topografia/apostilas/topografia\(2\).htm](http://www2.uefs.br/geotec/topografia/apostilas/topografia(2).htm)

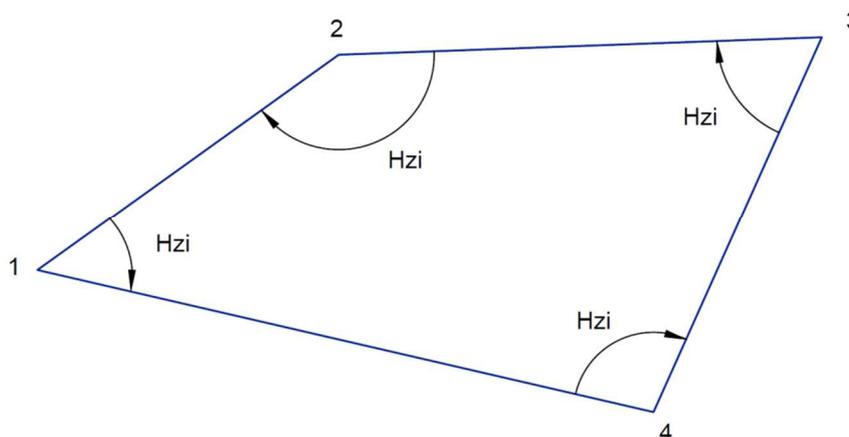
2.2 Ângulos Horizontais

Uma das operações básicas em Topografia é a medição de ângulos horizontais, para a qual emprega-se um equipamento denominado de teodolito. O ângulo horizontal é formado por dois planos verticais que contêm as direções entre o ponto ocupado e os pontos visados. Os ângulos horizontais são classificados em: **internos**, **externos**, **deflexão**, **azimute** e **rumo**.

2.2.1 Internos

Para medir um ângulo horizontal interno a dois alinhamentos consecutivos de uma poligonal fechada, o aparelho deve ser estacionado, nivelado e centrado com precisão sobre um dos pontos que a definem. Para medir o ângulo interno deve-se:

- Fazer a pontaria fina sobre o ponto a vante;
- Anotar o ângulo ou zerar o círculo horizontal do aparelho na posição $Hzi = 000^{\circ}00'00''$;
- Destruar e girar o aparelho, executando a pontaria sobre o ponto de ré;
- O ângulo obtido pela diferença entre as duas medições ou marcado no visor corresponde ao ângulo interno.



Hzi1 = $48^{\circ}40'19''$
Hzi2 = $49^{\circ}36'03''$
Hzi3 = $64^{\circ}35'18''$
Hzi4 = $97^{\circ}08'20''$
 $\Sigma = 360^{\circ}00'00''$

A relação entre os ângulos horizontais internos de uma poligonal fechada de “n” lados é dada por:

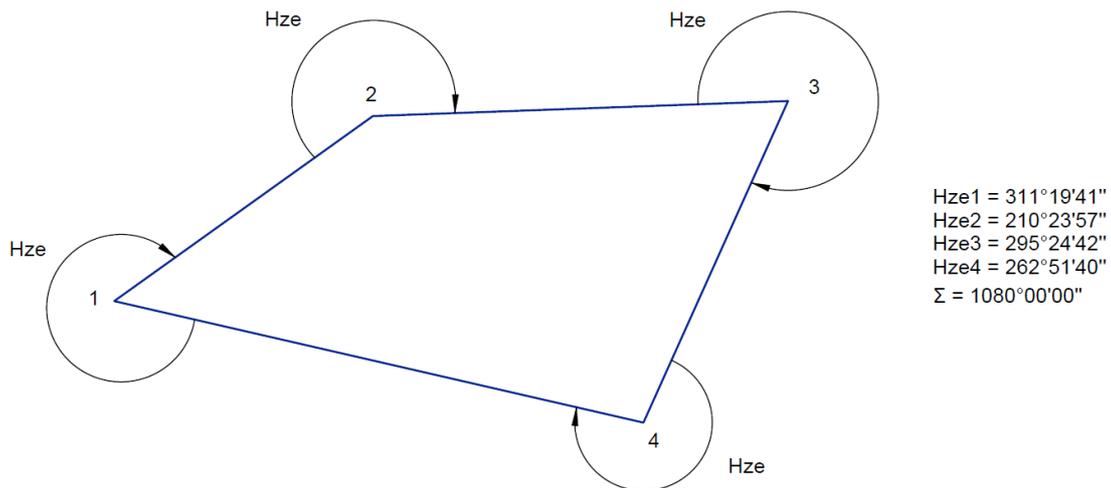
$$\Sigma H_{zi} = 180^\circ \cdot (n-2)$$

2.2.2 Externos

A fim de mensurar um ângulo externo a dois alinhamentos consecutivos de uma poligonal fechada, o aparelho deve ser estacionado, nivelado e centrado com precisão sobre um dos pontos que a definem.

Pode ser obtido do mesmo modo que os ângulos internos, desde que a primeira pontaria seja feita sobre o ponto de ré e a segunda sobre o ponto a vante. Entretanto, se o valor do ângulo interno for conhecido, pode-se utilizar a seguinte relação:

$$H_{ze} = 360^\circ 00' 00'' - H_{zi}$$



A relação entre os ângulos horizontais externos de uma poligonal fechada de “n” lados é dada por:

$$\Sigma H_{ze} = 180^\circ \cdot (n+2)$$

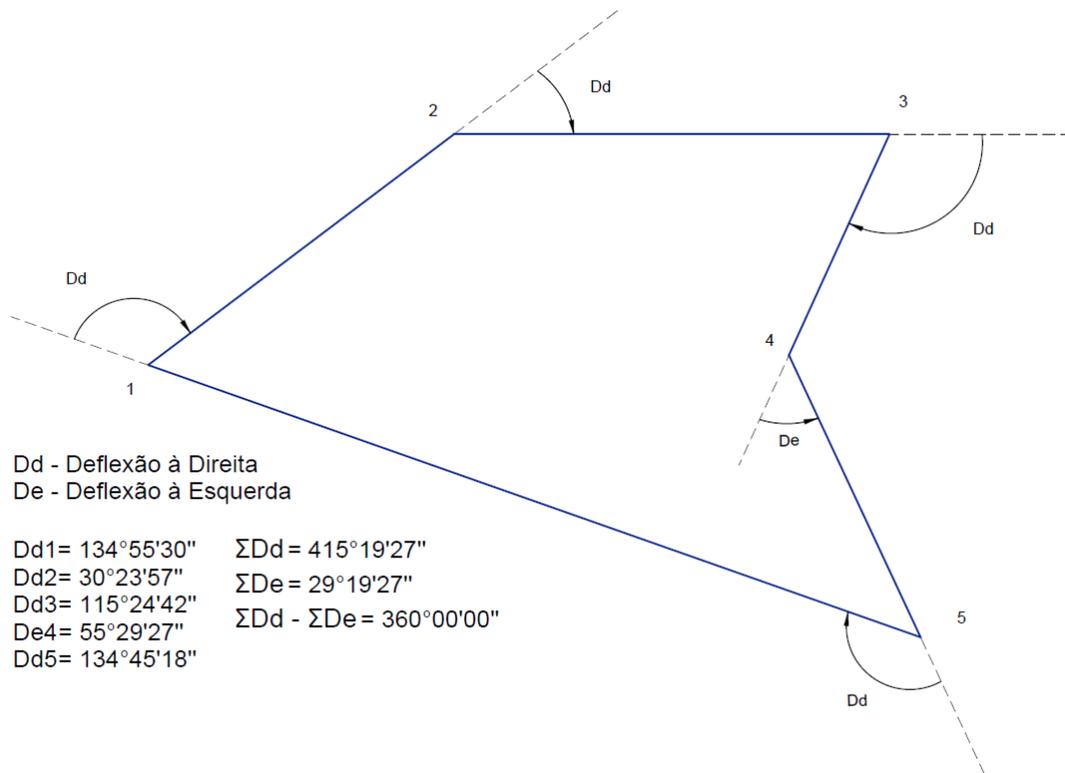
2.2.3 Deflexão

Deflexão é o menor ângulo formado entre o prolongamento do alinhamento de ré (anterior) e o alinhamento de vante (posterior ou seguinte). Este ângulo varia de **0°** a **180°**. Será à **direita**, se o sentido do giro for horário e, à **esquerda**, se o giro for anti-horário.

Portanto, para medir-se a deflexão, com a utilização de um teodolito eletrônico ou uma estação total, deve-se proceder da seguinte forma:

- Fazer a pontaria fina sobre o ponto de ré;

- Bascular a luneta (girar a luneta verticalmente, em torno do eixo horizontal) aproximadamente 180°, a fim de que ela fique na mesma direção, mas no sentido contrário;
- Zerar o círculo horizontal do aparelho nesta posição → 000°00'00";
- Destruvar e girar o aparelho, executando a pontaria sobre o ponto de vante;
- O ângulo marcado no visor corresponde ao ângulo de deflexão.



É assim definida a relação entre as deflexões de uma poligonal:

$$\Sigma D_d - \Sigma D_e = 360^{\circ}00'00''$$

Já a relação entre as deflexões e os ângulos horizontais internos de uma poligonal fechada é dada por:

$$D_e = H_{zi} - 180^{\circ}00'00'' \quad \text{para } H_{zi} > 180^{\circ}00'00''$$

e

$$D_d = 180^{\circ}00'00'' - H_{zi} \quad \text{para } H_{zi} < 180^{\circ}00'00''$$

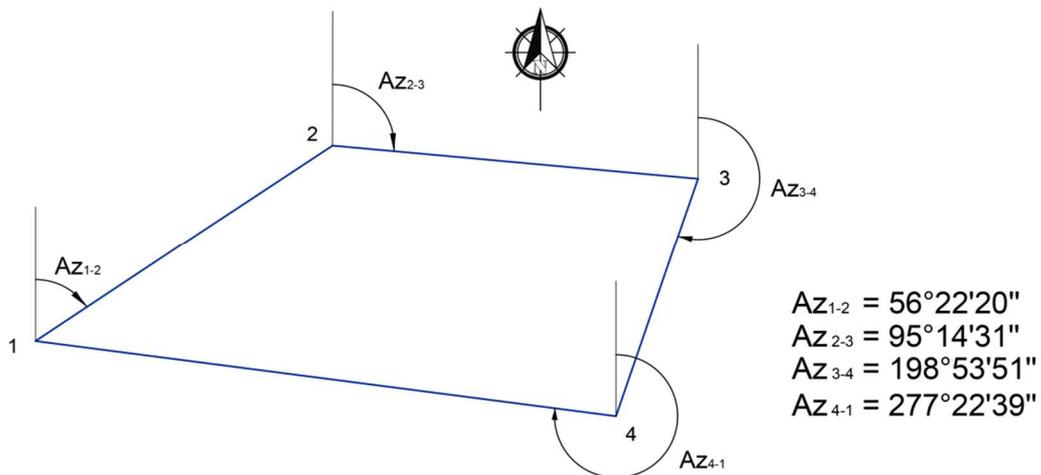
2.2.4 Orientação

A orientação é uma etapa muito importante nos projetos. Deve-se conhecer a orientação do terreno em relação à direção Norte-Sul para a definição da posição da edificação. A orientação também faz-se necessária na locação de uma obra, pois dará a direção dos alinhamentos que devem ser locados.

2.2.4.1 Azimute

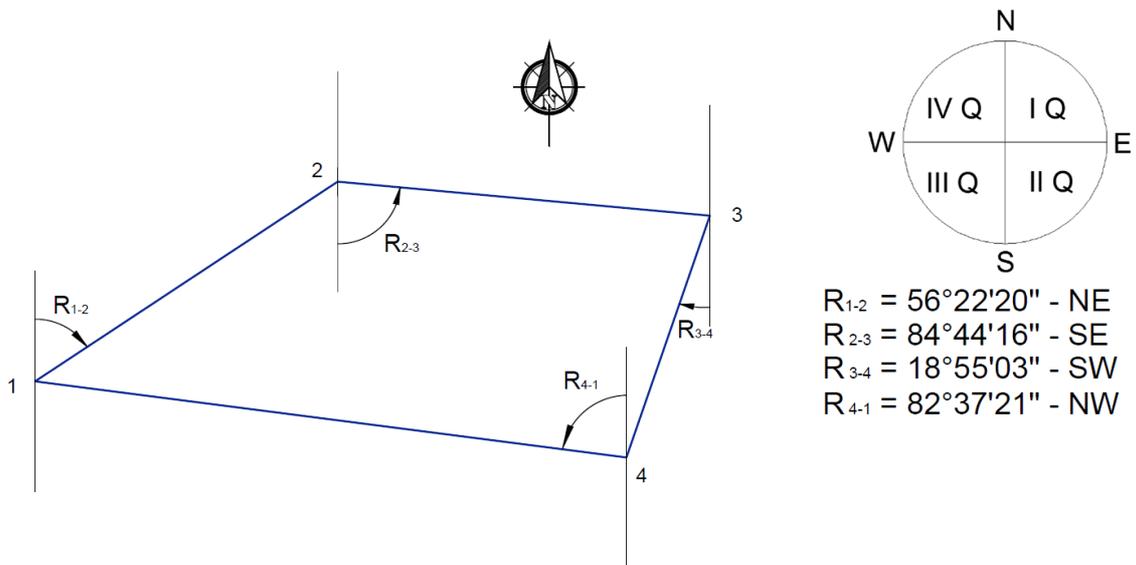
Azimute é o ângulo formado entre a direção **Norte-Sul** e o **alinhamento considerado**, iniciando no Norte ($0^{\circ}00'00''$) e aumentando no sentido **horário**, podendo variar de $0^{\circ}00'00''$ até $360^{\circ}00'00''$.

Se o azimute for medido em relação ao Norte Geográfico/Verdadeiro, ele é chamado de Azimute Geográfico ou Verdadeiro. Ele pode ser determinado através de métodos astronômicos (observação ao sol ou às estrelas), e também com a utilização de GPS (L1 e L2) de precisão (chamados geodésicos). Ainda podemos utilizar GPS L1, ou os chamados, topográficos. Quando a determinação do azimute é através de coordenadas UTM, este azimute é da Quadrícula (Azimute da Quadrícula). Contudo, caso ele seja medido em relação ao Norte Magnético, a partir de uma bússola ou declinatória, é chamado de Azimute Magnético. Visto que a medição do Azimute Geográfico (Verdadeiro) é mais precisa com a utilização de aparelhos de GPS, os outros métodos citados acima entraram em desuso e, em muitos casos, não são mais permitidos pela Norma.



2.2.4.2 Rumo

Rumo é o menor ângulo formado entre a direção Norte-Sul e o alinhamento considerado. Este ângulo inicia no Norte ou no Sul e aumenta para Leste (E) ou Para Oeste (W). Varia de $0^{\circ}00'00''$ a $90^{\circ}00'00''$. Sempre deve ser indicado a que quadrante pertence: I Q = NE; II Q = SE; III Q = SW; IV Q = NW.

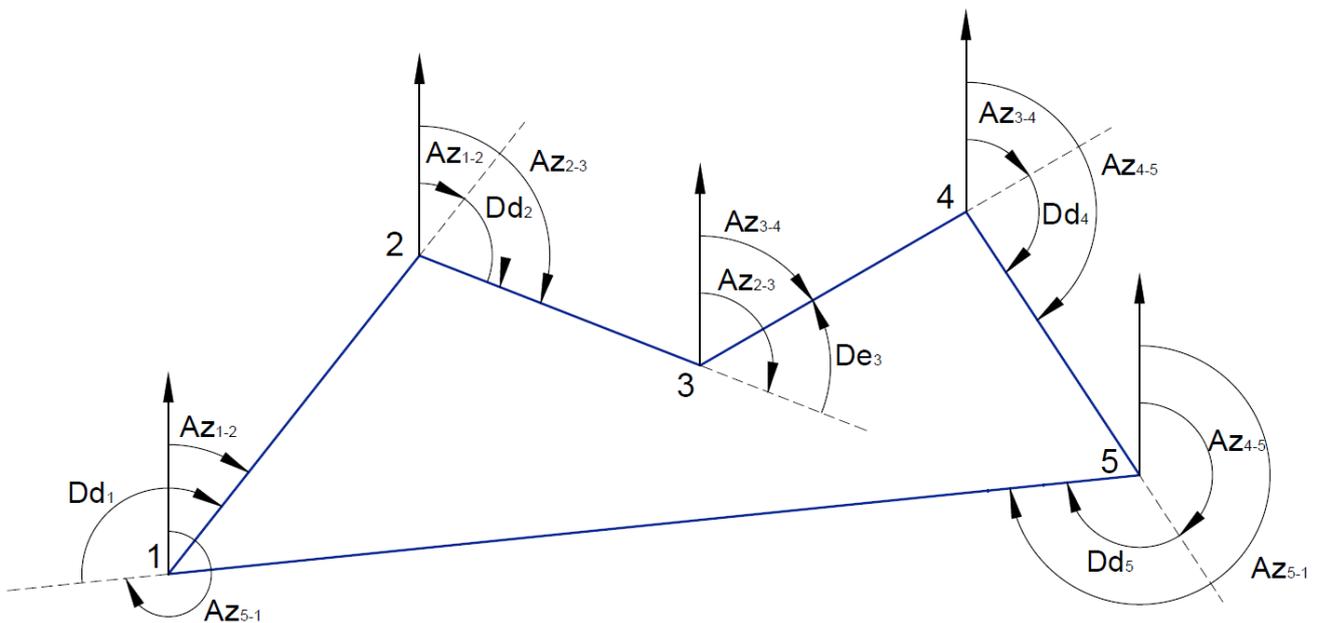


2.3 Relação entre os ângulos horizontais

2.3.1 Relação entre Azimute e Rumo

Quadrante	Azimute \rightarrow Rumo	Rumo \rightarrow Azimute
I	$R = Az$ (NE)	$Az = R$
II	$R = 180^{\circ} - Az$ (SE)	$Az = 180^{\circ} - R$
III	$R = Az - 180^{\circ}$ (SO)	$Az = R + 180^{\circ}$
IV	$R = 360^{\circ} - Az$ (NO)	$Az = 360^{\circ} - R$

2.3.2 Relação entre Azimute e Deflexão



A relação entre o Azimute e a Deflexão é dada por:

$$\mathbf{AZ} = \mathbf{AZ}_{\text{Anterior}} \pm \mathbf{Deflexão}$$

Observação: O sinal \pm depende do sentido da deflexão; é positivo para deflexão à direita (Dd) e negativo para deflexão à esquerda (De).

3 Medidas de distâncias horizontais

3.1 Metodologia

Há certos critérios e etapas a serem seguidas, os quais dependem do tamanho da área, do relevo e da precisão requerida pelo projeto que os comporta. Isto é, para a realização do levantamento é necessário conhecer previamente as condições do terreno e os equipamentos a serem utilizados. As medidas de distâncias horizontais podem ser obtidas de duas formas:

- Direta: quando a medida é determinada a partir da comparação com uma grandeza padrão, estabelecida previamente, isto é, quando o instrumento de medida é aplicado diretamente sobre o terreno;
- Indireta: quando se calcula o valor da distância em função das medidas de outras grandezas, com o auxílio do cálculo trigonométrico e sem a necessidade de compará-las com a grandeza padrão, ou seja, quando é utilizado ângulos e distâncias obtidos em campo anteriormente;

Os diastímetros são os instrumentos utilizados para a obtenção de medidas diretas das distâncias do terreno. Os mais utilizados na Topografia são: trenas, fitas de aço e corrente de agrimensor.

Esses instrumentos possuem dificuldades para uso em espaços abertos (o vento provoca catenária horizontal), em terrenos acidentados (necessidade de esticar a trena sobre o alinhamento a medir), e distâncias longas (trenadas até 20,00 metros, para minimizar as catenárias horizontais e verticais).

3.1.1 Reconhecimento do Terreno: Poligonal

Durante a etapa de reconhecimento do terreno, implantam-se **piquetes** para a delimitação da superfície a ser levantada. A figura geométrica gerada a partir desta delimitação recebe o nome de **Poligonal**. As poligonais podem ser dos seguintes tipos:

- Aberta: O ponto de partida ($0=PP$) não coincide com o ponto final (PF);
- Fechada: O ponto de partida coincide com o ponto final. ($PP\equiv PF$);
- Apoiada: Parte de um ponto com coordenadas conhecidas e chega em um ponto também com coordenadas conhecidas, podendo ser aberta ou fechada;
- Semi-Apoiada: Parte de um ponto com coordenadas conhecidas e chega a um ponto do qual se conhece apenas o azimute, podendo ser aberta ou fechada;
- Não Apoiada: Parte de um ponto que pode ser com coordenadas conhecidas ou não e chega a um ponto desconhecido, podendo ser aberta ou fechada.



Exemplo de piquete empregado em campo

Observação: A poligonal poderá coincidir com a superfície a ser levantada ou não, sendo neste caso uma Poligonal de Apoio, que poderá ser interna, externa ou possuir vértices dentro e fora da superfície.

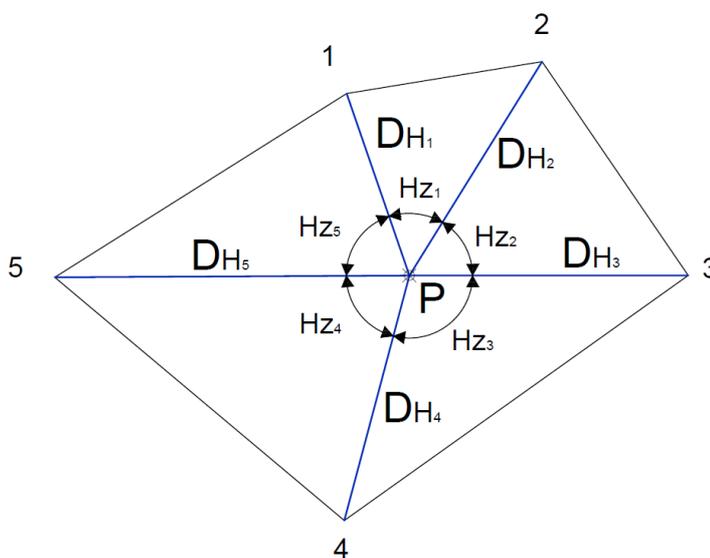
3.2 Métodos de Levantamento da Poligonal

3.2.1 Levantamento por Irradiação

O Levantamento por Irradiação, também conhecido como Método da Decomposição em Triângulos e ou das Coordenadas Polares, é utilizado para a avaliação de superfícies pequenas e relativamente planas.

Após a demarcação do contorno da superfície que será levantada, deve-se definir um ponto “P”, dentro ou fora da superfície estabelecida, a partir do qual possam ser avistados todos os demais pontos que a definem. Assim, deste ponto P são mensuradas as distâncias aos pontos que demarcam a superfície (através de método direto, indireto, ou eletrônico), e também os ângulos horizontais entre os alinhamentos que possuem P como vértice (através do emprego de teodolitos ópticos ou eletrônicos).

A figura a seguir ilustra uma superfície demarcada por cinco pontos com o ponto P estrategicamente localizado no interior da mesma. De P são medidos os ângulos horizontais (HZ_1 a HZ_5) e as distâncias horizontais (DH_1 a DH_5).



De cada triângulo formado, tendo o ponto P como um dos vértices, tem-se a medida de dois lados e de um ângulo. Assim, todas as demais distâncias e ângulos necessários para a determinação da superfície em questão podem ser determinados por meio de relações trigonométricas.

Este método é muito empregado em projetos que envolvem amarração de detalhes e na densificação do apoio terrestre para trabalhos topográficos e fotogramétricos.

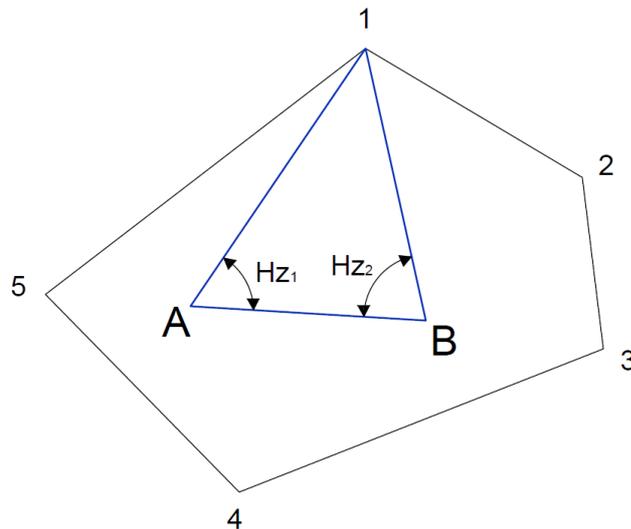
3.2.2 Levantamento por Interseção

O Levantamento por Interseção, também denominado Método das Coordenadas Bipolares, é empregado na avaliação de áreas onde há dificuldade em medir as distâncias horizontais, seja por motivo de relevo acidentado ou por se tratar de um ponto inacessível, porém visível.

Uma vez demarcado o contorno da superfície a ser levantada, deve-se definir dois pontos, “A” e “B”, dentro ou fora da superfície em questão, a partir dos quais possam ser avistados todos os demais pontos que a definem.

Então é necessário medir a distância horizontal entre A e B, os quais formarão uma base de referência, e também todos os ângulos originados entre a base e os demais pontos demarcados.

A figura a seguir ilustra uma superfície constituída por cinco pontos, com A e B estrategicamente localizados no interior da mesma. A partir de A e B são medidos os ângulos horizontais entre a base e os pontos (1 a 5).

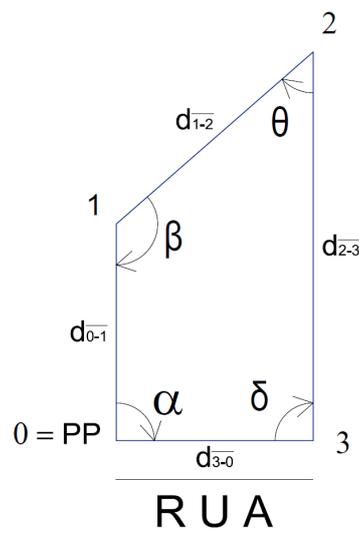


De cada triângulo formado, tendo os pontos A e B como dois dos vértices, tem-se a medida de um lado (base definida por AB), e de dois ângulos, portanto todas as demais distâncias e ângulos necessários para a caracterização da superfície em questão são possivelmente determinados por relações trigonométricas.

3.2.3 Levantamento por caminhamento

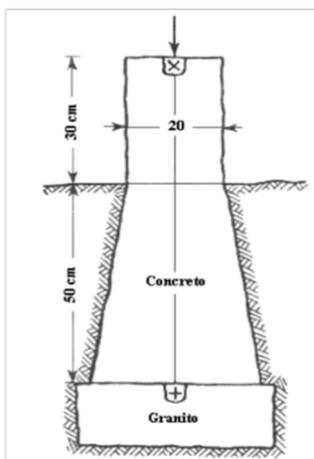
Segundo ESPARTEL (1977), este método é utilizado no levantamento de superfícies relativamente grandes e de relevo acidentado. Requer uma quantidade maior de medidas que os descritos anteriormente, porém oferece maior confiabilidade no que diz respeito aos resultados.

Neste método, deve-se instalar o equipamento em cada vértice da poligonal, seja ela **real** ou de **apoio**. Poligonal **real** é aquela que deseja-se medir e que fornecerá a área total do terreno, enquanto a de **apoio** consiste em pontos que formam uma poligonal, a qual não coincide com a real, podendo ser maior ou menor, interna ou externa. Costuma ser usada quando não é possível instalar o aparelho na poligonal real.



3.3 Marcos e RNs

Um ponto é conhecido quando suas coordenadas UTM (E,N) ou Geográficas (ϕ, λ) encontram-se determinadas. Estes pontos são implantados no terreno através de blocos de concreto (marcos) e são protegidos por lei. Normalmente, fazem parte de uma rede geodésica nacional, de responsabilidade dos principais órgãos cartográficos do país (IBGE, DSG, DHN, entre outros). Quando destes pontos são conhecidas as altitudes (h), estes são denominados RN - Referência de Nível.



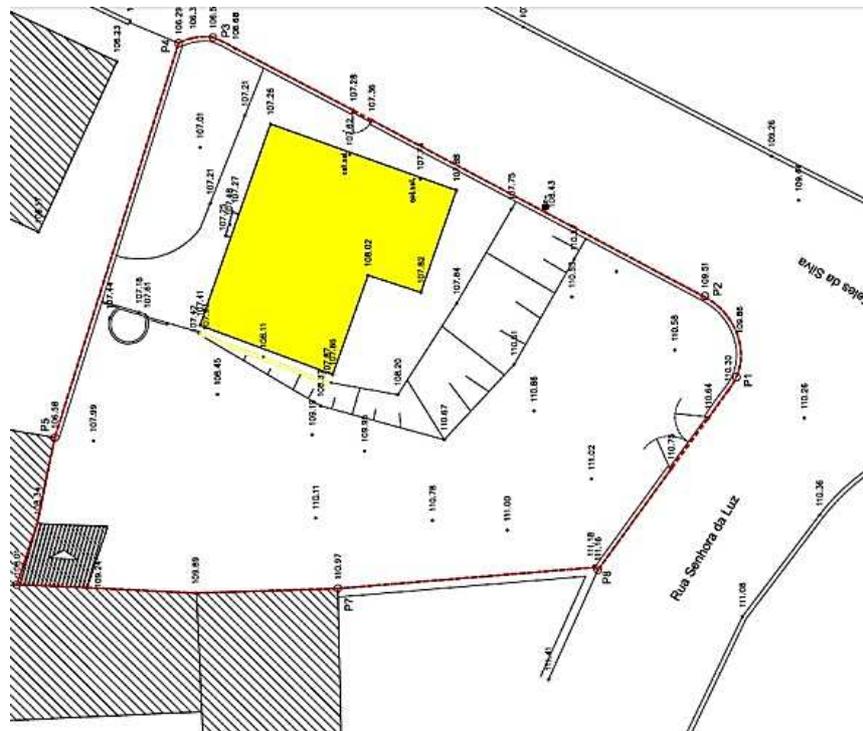
Exemplo de marco de concreto – Ponto Topográfico ECV69

3.4 Croqui

De acordo com a ABNT (NBR13133, Execução de levantamento topográfico, 1994, p.2) o croqui é um “esboço gráfico sem escala, em breves traços, que facilite a identificação de detalhes”.

Durante a execução de um levantamento é essencial a elaboração de um croqui da área que está sendo levantada, associando um nome e/ou número a cada feição ou ponto levantado, com a mesma indicação na caderneta de campo. O croqui visa a facilitar a elaboração do desenho final, visto que por meio dele que se saberá quais pontos serão unidos e o que representam.

O croqui também deve referenciar a área com ruas, avenidas, acessos, construções, vegetações e outros pontos de referência importantes que encontrem-se próximos ao local.



Exemplo de croqui - <http://cdn.mundodatribos.com/555593-Receber-um-croqui-da-localiza%C3%A7%C3%A3o->

4 Projeções Cartográficas e Sistemas de Coordenadas

Segundo o IBGE, a confecção de uma carta exige, antes de tudo, o estabelecimento de um método, segundo o qual 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**.

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. 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. A terceira coordenada que se utiliza para definir um ponto no espaço tridimensional é a **altitude**.

Em topografia, as coordenadas são referidas ao plano horizontal de referência, o plano topográfico; o sistema de coordenadas topográficas é definido por um sistema plano-retangular XY, sendo que o eixo das ordenadas (**Y**) está orientado segundo a **direção norte-sul** (magnética ou verdadeira) e o eixo positivo das abscissas (**X**) forma 90° , estando na **direção leste-oeste**.

A principal questão a ser tratada no estudo das projeções é a representação da superfície terrestre em um plano. Os sistemas de projeção se diferenciam pela figura tomada como referência, que pode ser um Elipsóide ou uma Esfera, ou seja, superfícies curvas. Por conseguinte, as projeções em uma superfície plana geram deformações.

Podemos dizer que não existe nenhuma solução perfeita para o problema, e isto pode ser rapidamente compreendido com o exemplo de tentar 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 mera simplificação do problema das projeções cartográficas, ela expressa claramente a impossibilidade de se conseguir uma projeção livre de deformações. Poderíamos, então, questionar a validade deste modelo de representação, uma vez que seria possível construir representações tridimensionais do elipsoide ou da esfera, como é o caso do globo escolar, ou ainda expressá-lo matematicamente, como fazem os geodestas. Contudo, existem algumas razões que justificam esta postura, e a mais direta é: o mapa plano é mais fácil de ser produzido e manuseado.

A escolha de um sistema de projeção será feita de maneira que a carta venha a possuir as propriedades que atendam às 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:

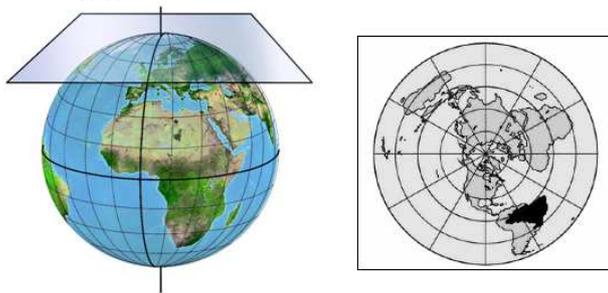
- 1-**Conformidade**: Mantém a verdadeira forma das áreas a serem representadas;
- 2-**Equivalência**: Mantém as áreas;

3-**Equidistância**: Conserva as relações entre as distâncias dos pontos representados e as distâncias dos seus correspondentes.

Visto que a superfície real da Terra não é desenvolvível por um modelo matemático, torna-se impossível a construção da carta ideal, isto é, que reunisse essas três propriedades. Assim, é necessário, ao se fixar o sistema de projeção escolhido, considerar a finalidade da carta que se quer construir. Na Topografia, a Conformidade é a característica mais importante a ser garantida, pois o conhecimento dos ângulos é essencial. Veremos que há uma correção a ser utilizada para se obter as distâncias reais entre os pontos.

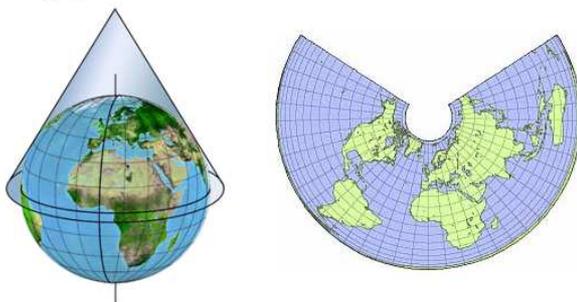
4.1 Tipos de Projeções

Projeção Azimutal, Plana ou Polar



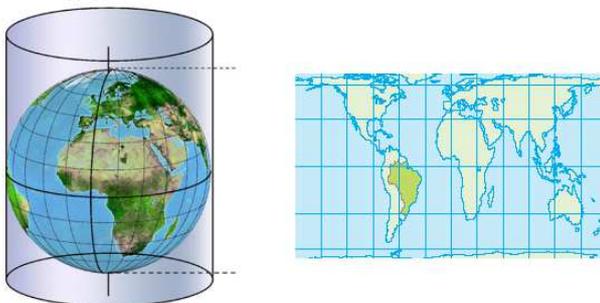
- Utiliza um plano tangente à superfície terrestre, coincidindo com ela em um ponto;
- Preserva as distâncias entre os pontos e, por isso, costuma ser utilizada para rotas marítimas;

Projeção Cônica

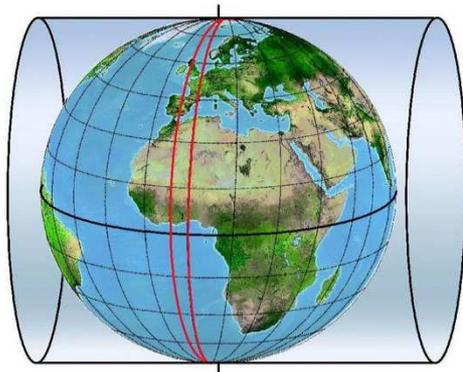


- Utiliza um cone imaginário para envolver a superfície terrestre;
- O cone pode ser tangente ou secante à superfície;
- As deformações são menores quanto mais próximo do paralelo que tangencia o cone;

Projeção Cilíndrica



- Projeta-se a superfície terrestre, com os paralelos e meridianos, sobre um cilindro que, ao ser desenrolado, conterá a superfície em um plano



Projeção UTM: Cilindro Transverso

- O Cilindro Transverso foi utilizado pelo cartógrafo Gerhard Kremer para a elaboração das coordenadas UTM, como veremos adiante;

4.2 Coordenadas Geográficas e Geodésicas



Greenwich tornou-se um meridiano referencial internacionalmente em 1884, devido a um acordo internacional que aconteceu em Washington, isso para padronizar as horas em todo o mundo. Greenwich foi escolhido por “cortar” o observatório Astronômico Real (figura), localizado em Greenwich, um distrito de Londres.

Paralelos são linhas imaginárias estabelecidas horizontalmente no globo terrestre, a partir da Linha do Equador, para o Norte e para o Sul. Os meridianos são linhas verticais; cruzam os paralelos perpendicularmente (em vista frontal) e encontram-se com seus antimeridianos nos polos.

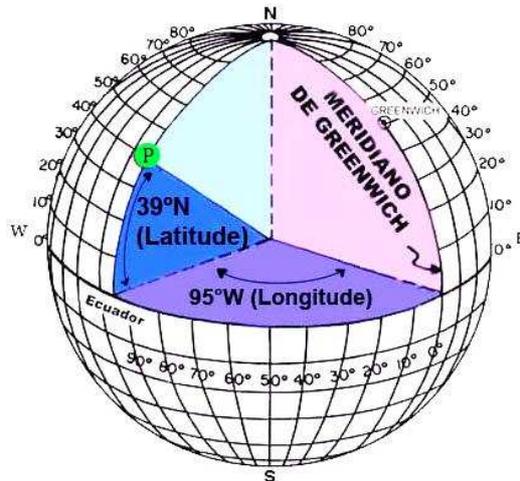
A partir dos paralelos e meridianos, estabeleceram-se as coordenadas geográficas e as geodésicas, medidas em graus, para localizar qualquer ponto da superfície terrestre.

A Latitude é um parâmetro que varia verticalmente, sobre o meridiano local, começando com 0° na Linha do Equador, até 90° Norte (no Polo Norte) ou 90° Sul (no Polo Sul). Cada paralelo possui um valor de latitude.

A Longitude é um parâmetro que varia horizontalmente, sobre a linha do Equador, abrangendo 360° em torno do globo terrestre. Os valores de longitude variam a cada meridiano, começando com 0° no Meridiano de Greenwich, até 180° Leste e 180° Oeste (pontos estes que encontram-se sobre o Antimeridiano de Greenwich).

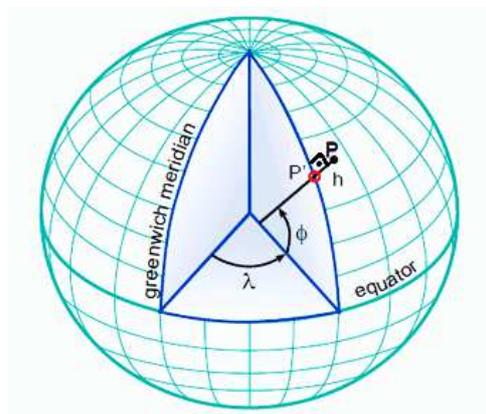
As coordenadas geográficas e geodésicas possuem a mesma divisão de ângulos, entretanto se diferenciam quanto ao modelo de referência da superfície terrestre. As coordenadas **geográficas** são baseadas num modelo **esférico**, enquanto que as **geodésicas**, num modelo **elipsoidal**.

Para o **modelo esférico da Terra**, a latitude de um lugar é o ângulo que o raio que passa por esse lugar faz com o plano do equador. Uma vez que o raio de curvatura da esfera é constante, esta quantidade é também igual à medida angular do arco de meridiano entre o equador e o lugar.



Latitude e Longitude do ponto P nas coordenadas geográficas: os ângulos são dados pelo raio da esfera projetado até a altura do ponto na superfície.

Num **modelo elipsoidal da Terra**, a latitude de um lugar (latitude geodésica) é o ângulo que a **normal** ao elipsóide nesse lugar faz com o plano do equador. Ao contrário do que acontece com o modelo esférico da Terra, as normais ao elipsóide nos vários lugares não são todas concorrentes no centro da Terra. Por outro lado, e devido ao fato de os meridianos não serem circunferências, mas sim elipses, a latitude não pode ser confundida, como na esfera, com a medida angular do arco de meridiano entre o equador e o lugar. As latitudes dos lugares representados nos mapas são latitudes geodésicas.



Latitude e Longitude de um ponto P nas coordenadas Geodésicas: os ângulos são dados pela normal ao elipsóide.

4.3 Coordenadas Retangulares

As coordenadas retangulares caracterizam-se por expressarem as duas distâncias de um ponto em relação a eixos ortogonais definidos num ponto de origem.

Há três tipos de coordenadas, definidas abaixo, sendo todas classificadas como retangulares.

4.3.1 Coordenadas Cartesianas

As Coordenadas Cartesianas são coordenadas retangulares estabelecidas definindo-se um valor para a origem do sistema (encontro dos eixos cartesianos) e posicionando-o num ponto do terreno. Os Eixos X e Y são estabelecidos conforme os alinhamentos disponíveis no local e, dessa forma, obtêm-se valores para cada ponto avaliado do terreno. Não devem mais ser utilizadas nos dias de hoje por não amarrarem os terrenos.

4.3.2 Coordenadas Topográficas Locais

As coordenadas topográficas locais são utilizadas quando, ao invés de se ter um plano cartesiano padronizado para toda a superfície terrestre (como veremos nas coordenadas UTM), utiliza-se um Plano Topográfico Local. Estas coordenadas eram utilizadas para a rede de cadastro de Municipal.

A NBR 14166/1998 define o **Sistema Topográfico Local** como: “Sistema de projeção utilizado nos levantamentos topográficos apoiados na Rede de Referência Cadastral pelo método direto clássico para representação das posições relativas do relevo levantado, através de medições angulares e lineares, horizontais e verticais”.

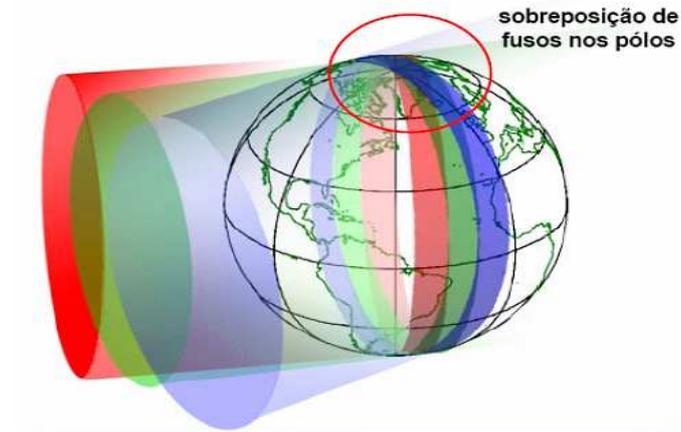
Este sistema, muito utilizado antigamente, deve ser evitado nos dias de hoje, a menos que seja, posteriormente, georreferenciado a um ponto de coordenadas UTM conhecidas.

4.3.3 Coordenadas UTM

O flamengo Gerhard Kremer, mais conhecido como “Mercator” foi quem publicou o primeiro mapa com projeção **conforme** da Terra esférica em um plano cilíndrico, com orientação transversal, onde os **ângulos** projetados na superfície plana (carta) tinham o mesmo valor da superfície original esférica (PHILIPS, 1997a, p.8). Ele usou como superfície de projeção **60 cilindros transversos e secantes** à superfície de referência, cada um com amplitude de **6°** em longitude, dando origem ao sistema UTM (Universal Transverso de Mercator). Os cilindros transversos abrangem até a latitude terrestre de **80°S** e **84°N**, seccionando a superfície nos paralelos correspondentes.

Assim, UTM é a projeção de uma faixa da superfície da terra em um cilindro imaginário, transversal ao eixo da terra, secante nos polos. Para a projeção de toda a superfície da terra, o cilindro é rotacionado de 6 em 6° e projeta apenas em porções chamadas de fusos.

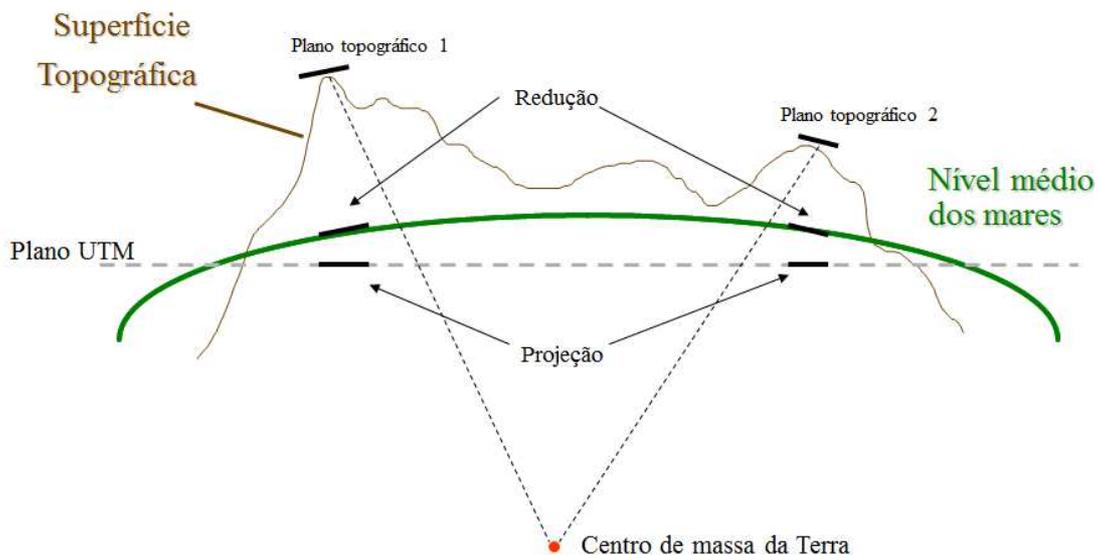
O sistema UTM teve a sua utilização recomendada pela União Geodésica e Geofísica Internacional, na IX Assembléia realizada em Bruxelas, em 1951. Desde 1955, a cartografia brasileira usa o sistema UTM para o mapeamento sistemático do país. É norma cartográfica brasileira para a produção de cartas nas escalas 1:250000 a 1:25000.



60 cilindros transversos são utilizados para a projeção de Mercator em cada fuso de 6° , abrangendo todas as longitudes terrestres

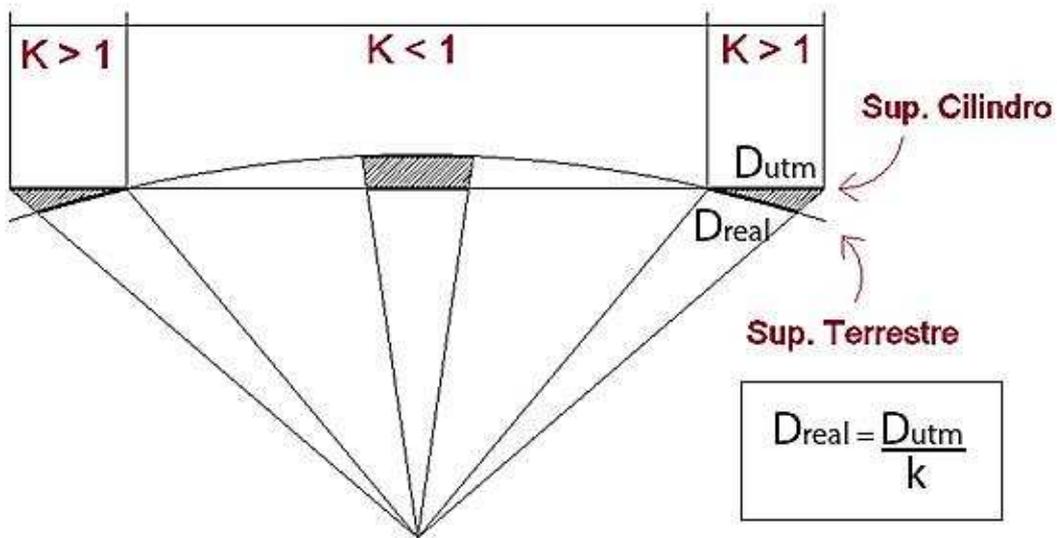
3.3.3.1 Fator de Correção/Escala K

O Sistema UTM utiliza uma projeção conforme da superfície terrestre. Como foi visto, isto significa que as formas da Terra (ângulos) são mantidas, porém, as distâncias entre os pontos no mapa não representam as distâncias reais. Haja visto a importância de se conhecer esta informação, há um fator de redução de escala que deve ser utilizado para se obter as medidas reais. Esse fator é representado pela letra K e varia com a posição longitudinal do ponto no seu fuso.

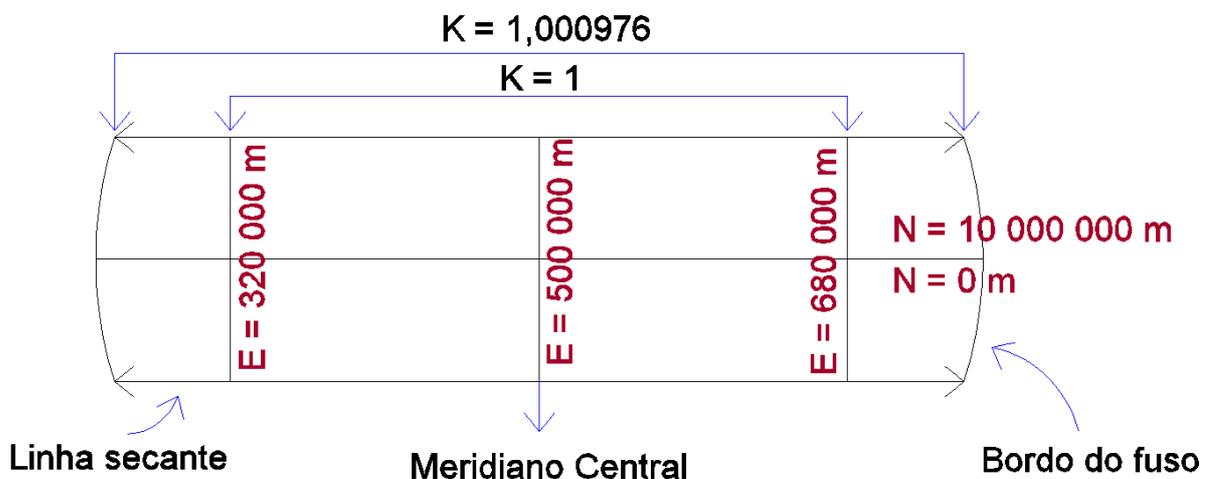


Para se obter as distâncias reais entre dois pontos, deve-se dividir a distância coletada na projeção pelo fator K . Assim, na região entre meridianos onde a projeção reduz as distâncias

reais, k deve ser menor que 1. Na região em que a projeção aumenta as distâncias reais, K deve ser maior que 1.



Na zona entre os meridianos seccionados pelo cilindro, para se obter a distância real entre pontos a partir da distância obtida por um GPS, deve-se usar um fator K menor que 1, pois as distâncias reais são maiores que as da projeção.



Nos bordos dos fusos o K vale $1,000976$ e, nos meridianos em que o cilindro coincide com a superfície terrestre, o K vale 1 e no Meridiano Central o K vale $0,9996$.

- O sistema UTM, conforme a NBR 13.133/1994, tem as seguintes características:
- Projeção conforme (mantém as formas), cilíndrica e transversa;
 - Decomposição em sistemas parciais, correspondentes aos fusos de 6° de amplitude, limitados pelos meridianos múltiplos deste valor, havendo assim, coincidência com os fusos da Carta Internacional ao Milionésimo (escala 1:1 000 000);

		NB-20	NB-21	NB-22			
	NA-19	NA-20	NA-21	NA-22			
	SA-19	SA-20	SA-21	SA-22	SA-23	SA-24	SA-25
SB-18	SB-19	SB-20	SB-21	SB-22	SB-23	SB-24	SB-25
SC-18	SC-19	SC-20	SC-21	SC-22	SC-23	SC-24	SC-25
		SD-20	SD-21	SD-22	SD-23	SD-24	
		SE-20	SE-21	SE-22	SE-23	SE-24	
			SF-21	SF-22	SF-23	SF-24	
			SG-21	SG-22	SG-23		
			SH-21	SH-22			
				SI-22			

A Carta Internacional ao Milionésimo divide todo o Globo em cartas individuais a cada 6° de longitude e 4° de latitude. Florianópolis está na carta SG.22 – “S” representa o Hemisfério, “G” a zona (a cada 4° de Latitude) a partir do Equador e “22” representa o fuso.

c) Para o Brasil:

No sistema anterior de referencia - Elipsoide Internacional de 1967 (SAD69):

- Semi-eixo maior **a = 6 378 160m**;
- Achatamento **f = 1/298,25**;

No sistema atual - Elipsoide do Sistema Geodésico de Referência de 1980 (Geodetic Reference System 1980 – GRS80):

- Semi-eixo maior **a = 6 378 137m**;
- Achatamento **f = 1/298,257222101**;

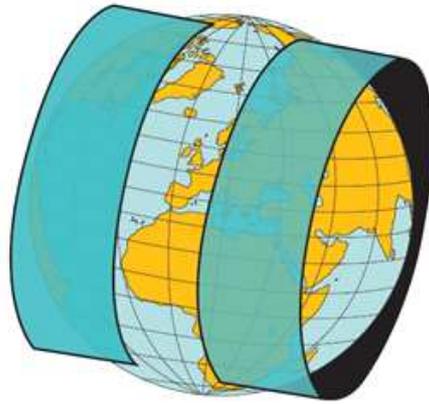
d) Coeficiente de redução de escala $k_0 = 0,9996$ no meridiano central do fuso;

e) A origem das coordenadas planas, em cada sistema parcial (fusos), é o cruzamento do equador com o meridiano central;

f) Para indicação destas coordenadas planas, são acrescentadas a letra N e a letra E ao valor numérico, sem sinal, significando, respectivamente, para norte e para leste;

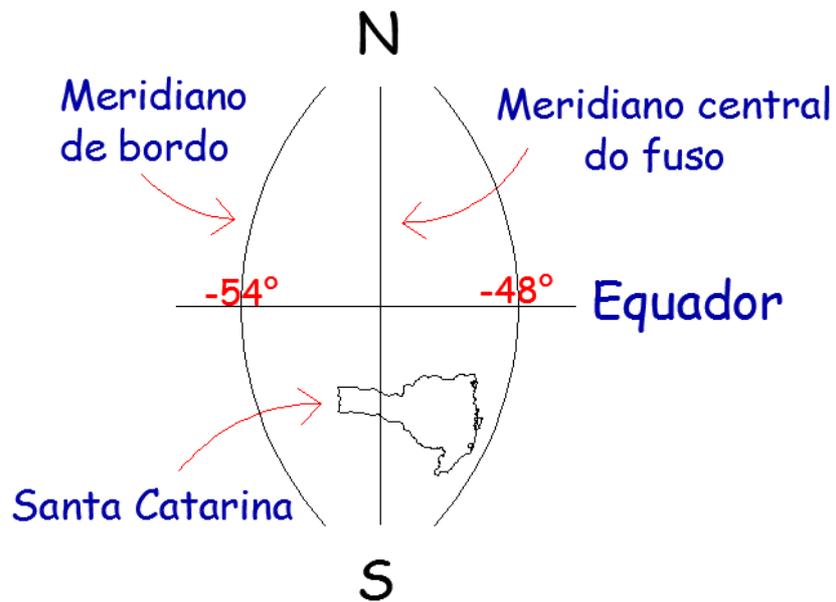
g) A numeração dos fusos segue o critério adotado pela Carta Internacional ao Milionésimo, ou seja, de 1 a 60, a contar do antimeridiano de Greenwich, para leste;

h) A projeção é cilíndrica transversa, pois o eixo do cilindro coincide com o plano do equador.



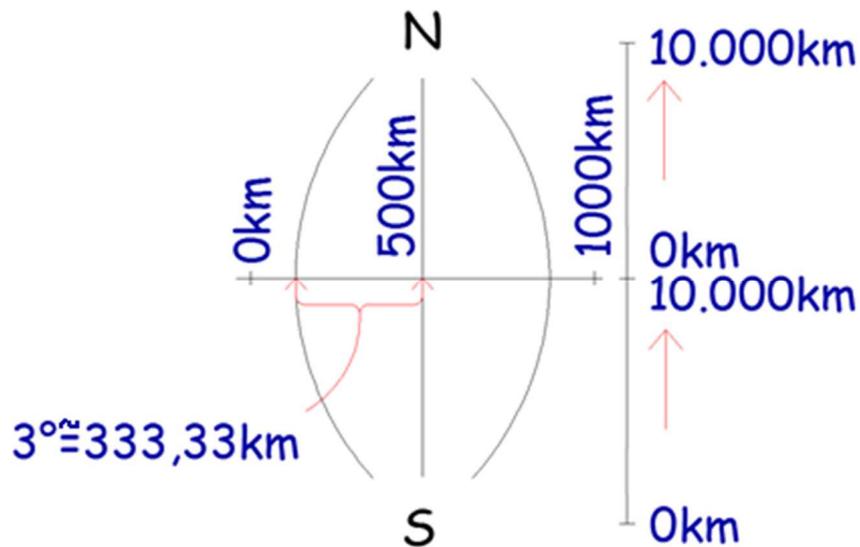
Cilindro transversal secante nos polos

A linha central de um fuso é um arco em projeção frontal e, por isso, forma uma reta vertical chamada de Meridiano Central. Os limites são chamados de Meridiano de Bordo.

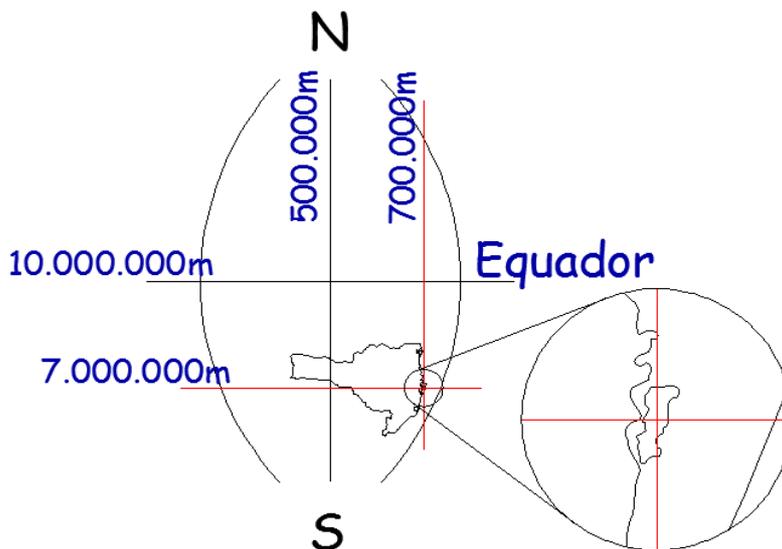


Configuração do Estado de Santa Catarina no fuso 51°W.

O modelo apresentado a seguir contém as distâncias horizontais e verticais para os fusos da projeção de Mercator. Essa configuração é igual para todos os 60 fusos:



Limites e Medidas de cada fuso: cada grau do fuso corresponde a 111,11km de distância no Equador.



Localização do Estado de Santa Catarina e da Ilha de Florianópolis no fuso de meridiano central correspondente a 51°W.

Mais precisamente, as coordenadas UTM oficiais de Florianópolis são:

- N=6.944.815,321m
- E=745.318,811m

Observação: O ponto com estas coordenadas existe em 60 locais da Terra, pois estas medidas aparecem também nos outros 59 fusos. Se não for identificado o hemisfério de E, então pode-se dizer que o ponto apresentado existe em 120 locais da Terra.

Conforme a NBR 14.166/1998, item 5.4, p.8, “Os elementos da Rede de Referência Cadastral, da estrutura geodésica de referência, podem ter suas coordenadas plano-retangulares

determinadas nos Sistemas Transverso de Mercator (UTM – RTM – LTM), como no Sistema Topográfico Local”.

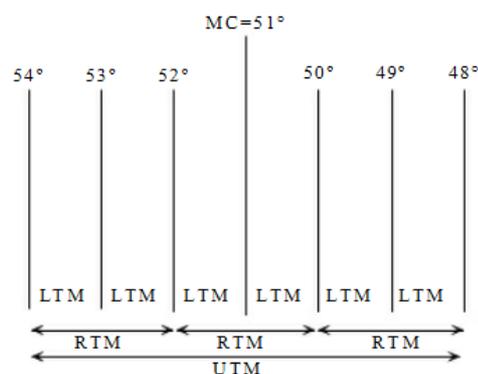
Vantagens de trabalhar com as coordenadas UTM:

- Dados georreferenciados;
- Programas GNSS (GPS - Estados Unidos; GLONASS – Rússia; GALILEU - União Europeia) trabalham também no sistema UTM;
- Estações totais podem trabalhar no sistema UTM (cuidar da altitude e fator de escala);
- Programas de topografia preparados para cálculos utilizando UTM;
- Os levantamentos contíguos se encaixam e podem ser sistemáticos;
- Conceitualmente correto por planificar a superfície curva;
- Programas CAD trabalham no sistema plano retangular (e ai, facilita o uso em UTM);

As coordenadas UTM têm o objetivo de abranger todas as longitudes da superfície terrestre e são de grande importância na engenharia, haja vista que os projetos são baseados (ou devem ser baseados) nesse sistema ou em seus derivados.

3.3.3.2 Sistemas Derivados das Coordenadas UTM

Em muitos países do mundo, o mapeamento urbano não é efetuado no sistema UTM, em função das distorções lineares que o mesmo acarreta no mapeamento, principalmente nos limites do fuso. Para solucionar estes problemas foi criado nos Estados Unidos o sistema SPC (State Plane Coordinate), o qual proporciona o mapeamento de áreas urbanas em grande escala, diminuindo os erros de distorções cometidos pelo sistema UTM. Este novo sistema utiliza fuso de 2°, conhecido como RTM (Regional Transverso de Mercator) e fuso de 1°, conhecido como LTM (Local Transverso de Mercator). O sistema LTM atende à necessidade do mapeamento urbano em relação à equivalência entre as distâncias medidas em campo e sua respectiva projeção no mapa topográfico. A distorção linear, mesmo no limite do fuso, é tão pequena que pode ser desprezada em mapeamentos urbanos de grande escala (1:2.000 ou 1:1.000). No sistema LTM, a distorção máxima, no extremo Sul brasileiro, considerando o limitado fuso, chega a 1:46.966, enquanto que o sistema UTM ocasiona, para o mesmo ponto, uma distorção de 1:1.831. Para regiões próximas ao meridiano de secância do sistema UTM, pode-se usar o mesmo sistema, que equivale, nesta região, ao sistema LTM,



Sistemas UTM, RTM e LTM

limitando a região em 1° (30' para cada lado do meridiano de secância). O sistema RTM é utilizado para evitar a transposição de fuso quando a região é próxima ao final do fuso de 1° (LTM).

Características do Sistema RTM:

- Fuso de 2 graus;
- Meridiano Central nas longitudes ímpares;
- $K_0=0,999995$;
- $N=5.000.000 - N'$ (hemisfério sul);
- $N=N'$ (hemisfério norte);
- $E=400.000 \pm E'$ (+E' se o ponto for a Oeste do MC e -E' se o ponto for a Leste do MC);

Características do Sistema LTM:

- Fuso de 1 grau;
- Meridiano central nas longitudes de meio grau;
- $K_0=0,999995$;
- $N=5.000.000 - N'$ (hemisfério sul);
- $N=N'$ (hemisfério norte);
- $E=200.000 \pm E'$ (+E' se o ponto for a Oeste do MC e -E' se o ponto for a Leste do MC);

5 Magnetismo Terrestre

A Terra, como qualquer ímã, cria um campo magnético, e as linhas de força deste campo têm, em geral, o sentido Sul-Norte. Uma agulha magnética, suspensa no seu centro de gravidade e podendo girar livremente, tende a se estabilizar na direção das linhas de força do campo magnético local. A direção desta linha recebe o nome de norte magnético, mas devido às irregularidades do campo (variação seculares e periódicas da declinação e inclinação magnética), não representa necessariamente o pólo norte magnético. Diversas teorias para explicar o magnetismo terrestre, como o modelo de uma esfera homogênea e permanentemente magnetizada e o de uma Terra esférica rotante sob o efeito de cargas elétricas, têm sido abandonados.

A teoria mais aceita hoje é a da auto-indução. O entendimento dela fica facilitado ao fazer-se uma analogia com o que acontece com a Terra, utilizando o modelo simplificado do "dínamo de disco homopolar", proposto por Bullard em 1955. Este modelo é constituído por um disco condutor que gira em presença de um campo magnético B_0 , perpendicular a ele. No disco se formam correntes elétricas que se deslocam do eixo em direção às bordas do disco. Se for colocado um anel na borda do disco, produz-se uma corrente i que se desloca das extremidades da espira até o eixo do disco. Esta corrente, ao circular pela espira do anel, gera um campo magnético B que realimenta o campo indutor B_0 . Sendo a velocidade angular ω suficientemente grande, o campo gerado B é auto-suficiente para manter o processo e o indutor B_0 acaba sendo desnecessário, isto é, o dínamo é auto-induzido.

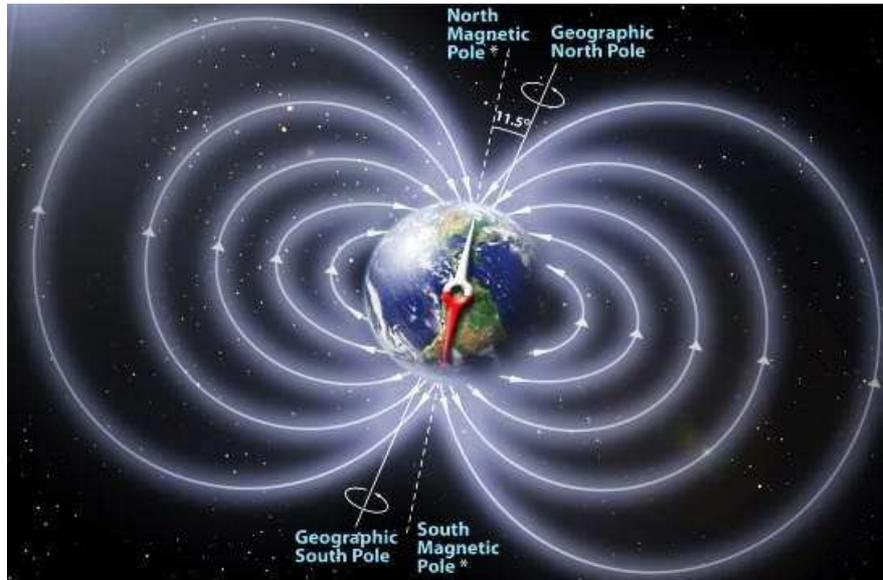
A existência do campo magnético terrestre é conhecida desde o século XII. O primeiro documento escrito sobre o campo magnético data de 1187, apresentado pelo monge Alejandro Neckam. Há indícios de que os chineses já conheciam tal fenômeno alguns séculos antes, porém nenhum registro foi mencionado até então.

Para determinar as componentes da intensidade do campo magnético, adota-se como sistema de referência, em um ponto da superfície terrestre, um sistema cartesiano de coordenadas XYZ, no qual o Norte representa a direção do norte geográfico (a projeção sobre o plano horizontal da direção do eixo de rotação da Terra); a intensidade do campo magnético é F e H é sua projeção horizontal. A direção de H assinala o norte magnético; o ângulo desta com o norte geográfico é a **declinação magnética** (δ), e o ângulo entre F e H é a inclinação magnética (α). A inclinação é nula no equador e cresce na direção dos pólos, onde adquire a posição vertical. A projeção da linha de fé (linha dos pólos) sobre o plano horizontal define a direção norte-sul magnética.

A agulha imantada, devido às variações do magnetismo terrestre, não ocupa uma posição fixa e definitiva. De acordo com a posição do observador na superfície terrestre, o meridiano magnético pode situar-se ora a leste ora a oeste do meridiano geográfico, o mesmo acontecendo em épocas diferentes e num mesmo lugar.

5.1 Polos Magnéticos e Polos Geográficos

A rotação do núcleo ionizado da Terra, juntamente com o atrito entre este núcleo quente com camadas superiores, gera o campo magnético terrestre. O eixo de simetria desse campo define os **polos magnéticos**. Já os **polos geográficos** são definidos pelo eixo de rotação da Terra em torno de si mesma. Repare na figura seguinte que os polos norte e sul geográficos não coincidem com os polos norte e sul magnéticos.



Localização dos polos norte e sul magnéticos, em comparação aos polos norte e sul geográficos. Para cada localidade da Terra a leitura da bússola precisa ser corrigida para coincidir com os meridianos impressos nos mapas. Fonte: apolo11.com

Os polos geográficos são fixos na Terra, enquanto que os magnéticos mudam de posição com o tempo. Dados de 2004 mostram a localização dos pólos magnéticos, nas coordenadas geográficas:

Pólo Norte: 82° 18' 0" N, 113° 24' 0" W

Pólo Sul: 63° 30' 0" S, 138° 0' 0" E

Ao utilizar-se uma bússola, obtém-se a direção dos polos magnéticos. Para ser determinada a direção geográfica de forma precisa, corrige-se pela diferença dos pólos, o que, porém, depende da posição do observador. Por isso, as posições geográficas podem ser determinadas observando-se as estrelas ou os satélites do GNSS.

5.2 Declinação Magnética e Convergência Meridiana

Chama-se **azimute** de uma direção, o ângulo formado entre a direção norte-sul e um alinhamento do terreno. Se a direção for a meridiana magnética, o azimute é denominado **magnético**; se for na direção da meridiana verdadeira, tem-se o **azimute verdadeiro ou geográfico**.

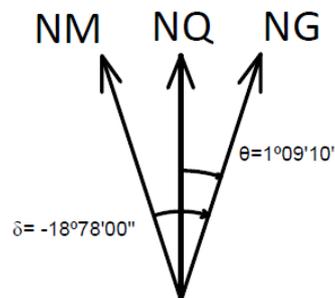
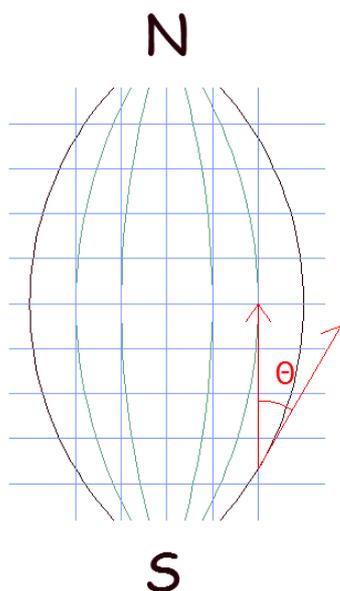
Conhecido o azimute magnético, é possível determinar indiretamente o azimute verdadeiro, desde que se conheça o valor da declinação magnética local.

A declinação magnética é o ângulo compreendido entre a direção norte-sul geográfica (NG) e a direção norte-sul magnética, sendo contada a partir do extremo norte da direção NG, por leste (δ_E) ou por oeste (δ_W). A declinação à oeste do NG, também denominada Oriental, é negativa, e à leste do NG, denominada Ocidental, é positiva.

A convergência meridiana (Θ) é o ângulo compreendido entre as direções norte-sul geográfica (NG) e da quadrícula (NQ), podendo ficar a Leste (E) ou Oeste (W), dependendo do posicionamento em relação aos meridianos, próximos da borda do fuso UTM. Apresenta variação aproximadamente de 6" ao ano.

A recomendação para trabalhos topográficos é que esses contenham a declinação magnética e convergência meridiana locais. Para tal, se faz necessária a abordagem de alguns conceitos relacionados com o campo magnético da Terra.

Deve-se salientar que **a declinação magnética não é constante**. O estudo da declinação magnética em pontos de uma região, determinado durante um período longo, permite constatar a sua variação tanto no espaço (variações geográficas), quanto no tempo (variações diurnas, mensais, anuais e seculares), além das locais e acidentais. As variações geográficas e as anuais são as mais estudadas. Contudo, também deve-se tomar cuidado, durante o trabalho em campo, para se evitar as variações locais e acidentais.



Projeção Universal Transverso de Mercator

Meridiano Central 51 w de Greenwich

$k = 1,000345$

DATUM HORIZONTAL SAD69 - IBGE

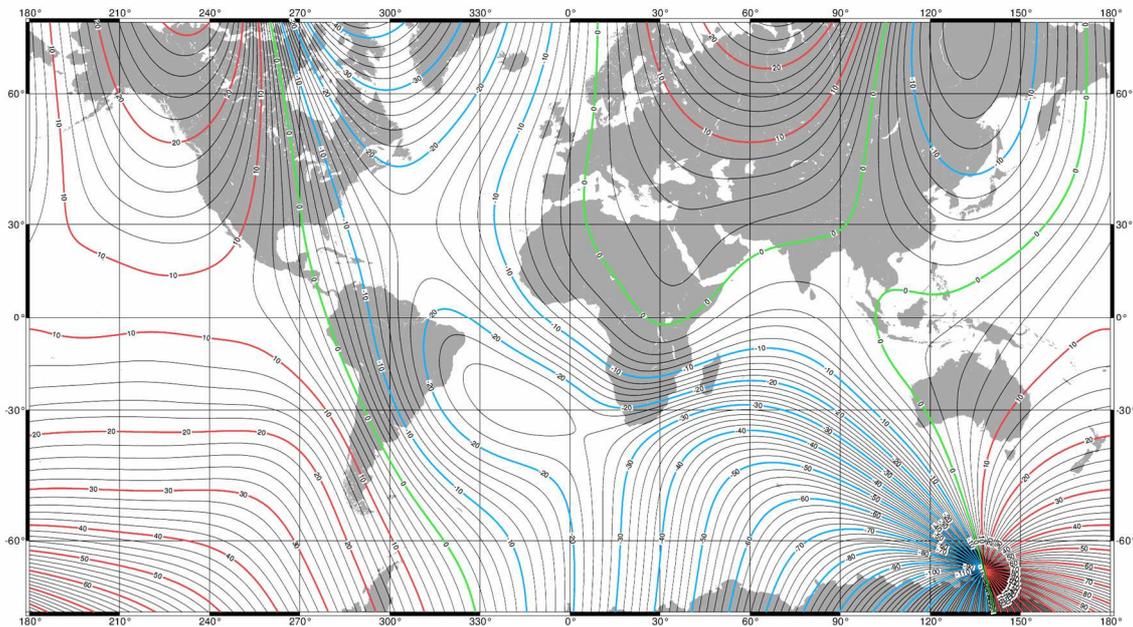
DATUM VERTICAL Marégrafo de Imbituba - SC - IBGE

Referências em Projetos: Declinação Magnética e Convergência Meridiana de Florianópolis (2012)

5.2.1 Variações geográficas

A determinação da declinação magnética em diferentes pontos de uma região permite constatar a mudança no seu valor de um lugar para outro. Verifica-se, também, a existência de pontos que apresentam a mesma declinação e pontos com declinação nula. Ao lugar geométrico

dos pontos em uma determinada região e época, que apresentam a mesma declinação magnética, dá-se o nome de **linha isogônica**, enquanto a linha formada por pontos que apresentam declinação nula denomina-se **linha agônica**.



Exemplo de mapa com Curvas Isogônicas

5.2.2 Variações anuais

A determinação do azimute magnético em vários horários ao longo do dia permite verificar a variação no valor do azimute. Como a direção do meridiano geográfico é imutável, as variações detectadas representam a variação da declinação magnética, constatada pelo deslocamento da posição da agulha imantada, a qual oscila em torno de uma posição média aproximada. Repetindo-se estas observações diariamente durante o período de um mês, a média dos valores diários determina a variação média mensal no local em estudo. Dependendo das estações do ano, esta variação média mensal não é constante, isto é, ela apresenta pequenas diferenças ao longo do ano.

O lugar geométrico dos pontos de uma região e em determinada época, que apresentam a mesma variação anual da declinação magnética, é denominado **linha isopórica**.

5.2.3 Variações locais e acidentais

As variações locais da declinação magnética são devidas à existência de solos constituídos de óxidos magnéticos de ferro, algumas rochas eruptivas, linhas de transmissão de alta tensão, e a outros fatores. O desvio local da agulha é de fácil constatação, pois a mesma não se estabiliza. Nestas situações, o vértice inicial de um levantamento deve ser cuidadosamente escolhido, sob pena de comprometimento de todo o levantamento.

Quanto aos desvios acidentais, estes são decorrentes de perturbações atmosféricas, e são facilmente detectados e evitados.

5.2.4 Cartas Magnéticas – Variações e Cálculos

São produtos cartográficos confeccionados, no Brasil, pelo Observatório Nacional, com o intuito de possibilitar a determinação da declinação magnética em qualquer ponto do território brasileiro, seja em época anterior ou posterior a sua confecção.

É composto pelas curvas isogônicas e curvas isopóricas, que cobrem todo o território nacional. Para o cálculo da declinação magnética (α) é utilizada a expressão:

$$\delta = \delta_0 + [(A_C + F_A) \times \Delta\delta_0]$$

onde:

δ = Valor da declinação magnética;

δ_0 = Declinação magnética do local (época da carta);

$\Delta\delta_0$ = Variação anual da declinação magnética local;

A_C = Diferença entre o ano de confecção da carta e o ano da observação;

F_A = Fração do ano.

Valores de Fração do Ano para Cálculo da Declinação Magnética. Fonte: Fundamentos de Topografia, 2007.

Período	Fração do Ano
01 de Janeiro a 19 de Janeiro	0,0
20 de Janeiro a 24 de Fevereiro	0,1
25 de Fevereiro a 01 de Abril	0,2
02 de Abril a 07 de Maio	0,3
08 de Maio a 13 de Junho	0,4
14 de Junho a 19 de Julho	0,5
20 de Julho a 25 de Agosto	0,6
26 de Agosto a 30 de Setembro	0,7
01 de Outubro a 06 de Novembro	0,8
07 de Novembro a 12 de Dezembro	0,9
13 de Dezembro a 31 de Dezembro	1,0

6 Levantamentos Topográficos

6.1 Definição

Conjunto de métodos e processos que, através de medições de ângulos horizontais e verticais, de distâncias horizontais, verticais e inclinadas, com instrumental adequado à exatidão pretendida, primordialmente, implanta e materializa pontos de apoio do terreno, determinando suas coordenadas topográficas. A estes pontos se relacionam os pontos de detalhes visando à sua exata representação altimétrica por intermédio de curvas de nível, com equidistância também predeterminada e/ou pontos cotados. (NBR13133, Execução de levantamento topográfico. 1994, p. 3)

6.2 Tipos de Levantamentos

A classificação apresentada a seguir refere-se as características dos dados que serão obtidos em campo a partir do levantamento. Estes podem ser **Planimétricos**, **Altimétricos**, **Planialtimétricos** e **Cadastrais**.

6.2.1 Levantamento Planimétrico

Levantamento dos limites e confrontações de uma propriedade, pela determinação do seu perímetro, incluindo, quando houver, o alinhamento da via ou logradouro com o qual faça frente, bem como a sua orientação e a sua amarração a pontos materializados no terreno de uma rede de referencia cadastral, ou, no caso de sua inexistência, a pontos notáveis e estáveis nas suas imediações. Quando este levantamento se destinar à identificação dominial do imóvel, são necessários outros elementos complementares, tais como: perícia técnico-judicial, memorial descritivo, etc.. (NBR13133, Execução de levantamento topográfico. 1994, p. 3)



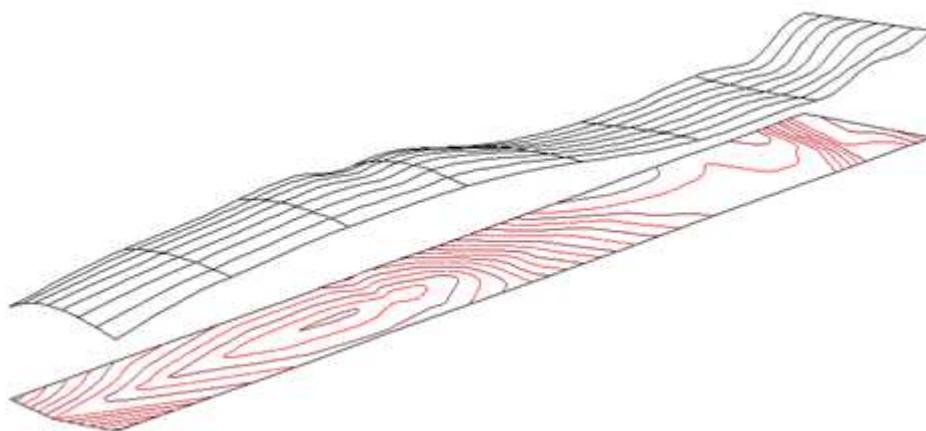
Levantamento Planimétrico

6.2.2 Levantamento Altimétrico

Levantamento que objetiva, exclusivamente, a determinação das alturas relativas a uma superfície de referencia, dos pontos de apoio e/ou dos pontos de detalhes, pressupõe-se conhecimento de suas posições planimétricas, visando à representação altimétrica da superfície levantada. (NBR13133, Execução de levantamento topográfico. 1994, p. 3)

6.2.3 Levantamento Planialtimétrico

Levantamento topográfico planimétrico acrescido da determinação altimétrica do relevo do terreno e da drenagem natural. (NBR13133, Execução de levantamento topográfico. 1994, p. 3)



Levantamento Planialtimétrico: sua projeção horizontal é a planimetria

6.2.4 Levantamento Cadastral

Levantamento planimétrico acrescido da determinação planimétrica da posição de certos detalhes visíveis ao nível e acima do solo de interesse à sua finalidade, tais como: limites de vegetação ou de culturas, cercas internas, edificações, benfeitorias, posteamentos, barrancos, árvores isoladas, valos, valas, drenagem natural e artificial, etc.. Estes detalhes devem ser discriminados e relacionados nos editais de licitação, propostas e instrumentos legais entre as partes interessadas na sua execução. (NBR13133, Execução de levantamento topográfico. 1994, p. 3)

7 Aparelhos

7.1 Teodolito

A finalidade principal de um teodolito é a medida de ângulos horizontais e verticais. Indiretamente, pode-se medir distâncias que, relacionadas com os ângulos verticais, possibilitam obter tanto a distância horizontal entre dois pontos quanto a diferença de nível entre os mesmos. Um teodolito é construído de maneira que o seu sistema de eixos obedeçam a uma série de condições. Quando uma destas condições não é satisfeita, obviamente os valores angulares obtidos não corresponderão à realidade. (Professores Antonio Santana Ferraz e Luiz Carlos D'Antonino, Teodolitos e Níveis Ópticos – Verificação e Ajustes, Universidade Federal de Viçosa)

Um teodolito pode ser classificado de acordo com sua precisão, sua forma e/ou sua finalidade.

Tabela 7.1 - Classificação quando à precisão dos teodolitos. Fonte: NBR 13133 (ABNT, 1994, p.6).

Classes de Teodolitos Quanto à Precisão	Desvio-Padrão Precisão Angular
De Baixa Precisão	$\leq \pm 30''$
De Média Precisão	$\leq \pm 07''$
De Alta Precisão	$\leq \pm 02''$



Teodolito Óptico-mecânico (à esquerda) e Teodolito Eletrônico (à direita).

Quanto à sua finalidade, um teodolito pode ser classificado como topográfico, geodésico ou astronômico.

7.1.1. Roteiro de Instalação do Teodolito

1. Colocar o teodolito no tripé:

- Encontrar o ponto topográfico;
- Colocar os pés do tripé equidistante do ponto topográfico;
- Fixar o teodolito ao tripé através do parafuso fixador da base do tripé;
- Ajustar a altura do aparelho (Luneta), com o operador, através do ajuste do tripé;
- Fixar o movimento geral através do parafuso;
- Colocar os parafusos calantes de forma equidistante (3mm).

2. Instalação do teodolito sobre o ponto topográfico através do prumo óptico:

- Fixar ao terreno um dos pés;
- Segurar com as mãos os pés restantes, deixando o polegar no meio das ranhuras;
- Olhar através do prumo óptico e suspender os pés procurando encontrar o ponto topográfico;
- Encontrado o ponto topográfico, coincidir o centro do prumo com o ponto, baixar os pés até o terreno fixando-os.

Observação: Ao fazer a fixação dos pés do tripé ao terreno, o esforço realizado tem que ser no sentido do próprio pé, nunca na direção perpendicular, utilizando os pés.

3. Nivelar a base do tripé:

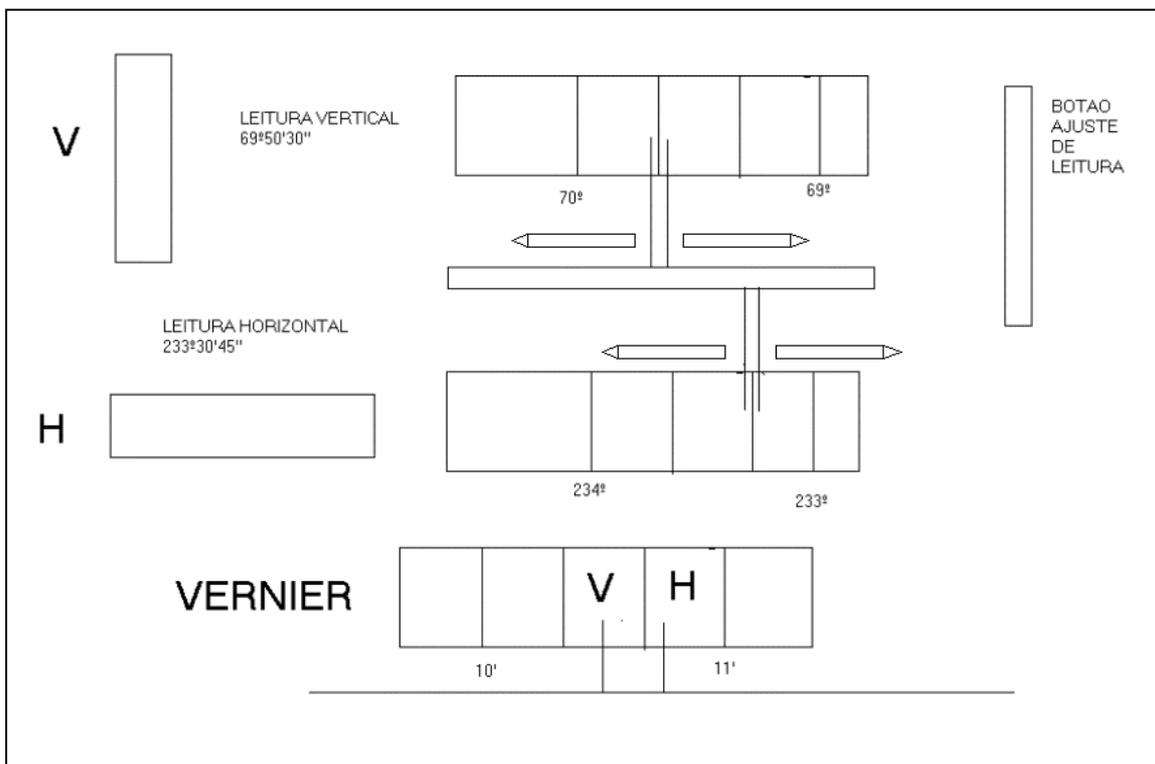
- Nivelamento através da bolha de nível circular;
- Posicionar uma das mãos no êmbolo do pé, para o seu deslocamento;
- Com a outra mão liberar o movimento (borboleta);
- Executar o movimento até que a bolha esteja centralizada;
- Este movimento é alternado de um pé para o outro até que a bolha esteja centralizada.

4. Nivelar o teodolito:

- Nivelamento através da bolha de nível tubular;
- Colocar o nível tubular paralelo a dois calantes;

- Movimentar simultaneamente, ambos parafusos calantes, em sentido contrário porém realizando o mesmo percurso até centralizar a bolha;
- Girar o teodolito 90° a direção anterior, em relação aos dois parafusos calantes;
- Movimentar somente o parafuso calante oposto aos dois até centralizar a bolha;
- Repete-se o procedimento até que bolha esteja centralizada em todas as direções;
- Verificar se o prumo óptico encontra-se sobre o ponto topográfico;
- Caso não se encontre, frochar com 3 voltas o parafuso fixador da base do tripé à base do teodolito, deslocando a base do teodolito paralelamente aos lados da base do tripé, até coincidir o prumo óptico com o ponto topográfico (eixo vertical do equipamento passando pelo ponto topográfico – um vetor imaginário).

A figura abaixo, mostra o procedimento em dois momentos para leitura angular no teodolito ótico mecânico.



Leitura angular (ângulo vertical e horizontal)

Observação: Na janela vertical ou horizontal, nos respectivos limbos, faz-se o ajuste de leitura, lendo grau e minutos, e no vernier, faz-se a complementação das leituras, minutos e segundos.

A figura acima mostra uma visão típica de leitura de ângulo no teodolito, que deve ser feita da seguinte maneira:

- Ajusta-se a luneta para que o ponto visado esteja em seu campo de visão;

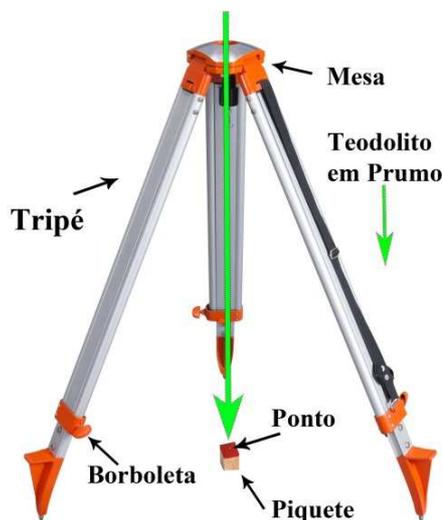
- Trava-se o movimento horizontal e vertical;
- Através dos parafusos micrométricos, faz-se um ajuste fino, até que o ponto visado fique no centro da cruz na mira do teodolito;
- Abre-se o espelho refletor para iluminar o visor de leitura de ângulos;

7.1.2. Procedimento de leitura:

1. Escolhe-se o ângulo a ser lido, vertical ou horizontal;
2. Gira-se a roda de ajuste, até que um dos fios da escala numerada (da escala do respectivo ângulo que se deseja ler, horizontal ou vertical) esteja exatamente entre os dois fios fixos daquela escala;
3. Faz-se a primeira leitura: Graus e minutos (Obrigatoriamente com arredondamento de 20 minutos, já que posicionamos a régua com este propósito);
4. Faz-se a leitura complementar no Vernier: minutos e segundos (Os segundos são arbitrados);
5. Para obtenção da leitura final, soma-se a primeira leitura à leitura complementar.

No exemplo da figura, pode ser lido o ângulo vertical:

- Primeira leitura: $87^{\circ} 20'$
- Leitura Complementar: $03' 43''$
- Leitura Final = $87^{\circ} 20' + 03' 43'' = 87^{\circ} 23' 43''$
- Para a leitura do outro ângulo, repete-se o procedimento do passo 1 em diante.



Tripé

Feito isto, o teodolito está pronto para ser usado. Deve-se apenas ter cuidado para não tocar de qualquer forma no tripé e manusear o aparelho com delicadeza. Ainda deve-se policiar os níveis do teodolito, ajustando-os em qualquer anomalia.

7.2 Estação Total

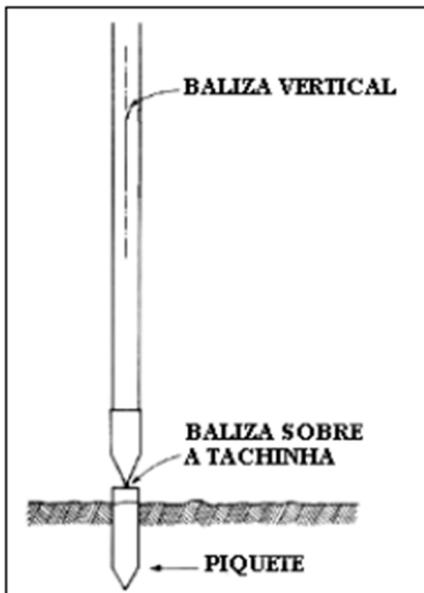
A Estação Total surgiu em meados dos anos 70 e sua vantagem está em combinar dois instrumentos automáticos de tomada de medidas, sendo estes o distanciômetro eletrônico (medida linear) e um teodolito eletrônico (medida angular), os quais atuam em conjunto a um microprocessador, que monitora o estado de operação do aparelho. Desta forma, se faz quase desnecessária a utilização de trena para um levantamento regular. Ou seja, esse aparelho efetua medições de ângulos horizontais e verticais e distâncias horizontais, verticais e inclinadas.

Também pode processar e informar ao topógrafo outras informações, como, por exemplo: condições do nivelamento do aparelho, número do ponto medido, as coordenadas UTM ou geográficas e a altitude do ponto (a partir de uma orientação prévia), a altura do aparelho, entre outros.



Estação Total Leica Modelo TC2003

As visadas de uma estação total se fazem sobre uma baliza dotada de um prumo, um cabo telescópico graduado no caso de tomada de medidas verticais ou sobre obstáculos, e um prisma refletor que possibilita a utilização do distanciômetro.



e com a trena.

À medida que as medições são colhidas pela estação total, são armazenadas em um sistema de memória interna que possibilita a transferência de dados diretamente ao computador sob a forma de planilha eletrônica ou de um desenho dos pontos localizados em uma planta, caso se disponha de *software* especializado.

Além da facilidade de uso e da rapidez quando se utiliza uma estação total em um levantamento planimétrico, evita-se alguns tipos de erros grosseiros, como leitura ou registro de dados, pois estes processos são automatizados. Ainda com o distanciômetro obtêm-se dados de medidas lineares mais precisos qu

Posicionamento da Baliza

Classes de Estações Totais	Desvio-Padrão Precisão Angular	Desvio-Padrão Precisão Linear
De Baixa Precisão	$\leq \pm 30''$	$\pm (5\text{mm} + 10\text{ppm} \times D)$
De Média Precisão	$\leq \pm 07''$	$\pm (5\text{mm} + 5\text{ppm} \times D)$
De Alta Precisão	$\leq \pm 02''$	$\pm (3\text{mm} + 3\text{ppm} \times D)$

Tabela 7.2 - Classificação quando à precisão das estações totais. Fonte: NBR 13133

(ABNT, 1994, p.7).

7.3 GPS – RTK (Real Time Kinematic)

Segundo o IBGE, a utilização da tecnologia GNSS (Global Navigation System) - GPS (Global Positioning System), GLONAS, GALILEU - provocou uma revolução nas atividades de navegação e posicionamento. Os trabalhos geodésicos e topográficos passaram a ser realizados de forma mais rápida, precisa e econômica.

A sigla RTK significa *Real Time Kinematic*, ou posicionamento cinemático em tempo real, e alia a tecnologia de navegação por satélites a um rádio-modem a fim de obter-se medidas com correções instantâneas. Esta técnica exige a disponibilidade de pelo menos uma estação de referência, com as coordenadas conhecidas e dotada de um receptor GNSS e um rádio-modem transmissor. A estação gera e transmite as correções diferenciais para as estações móveis, que usam os dados para determinar precisamente suas posições, isto é, suas coordenadas. A capacidade de realização dos levantamentos e as precisões disponibilizadas dependem da densidade e capacidade da rede de estações de referência.



GPS Leica GX123

A Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS (RBMC) é utilizada como estação de referência no território nacional. Antes da RBMC, o usuário interessado em obter, com um receptor de sinais de satélites, as coordenadas geodésicas de um ponto qualquer era obrigado a trabalhar com dois receptores, um ocupando o ponto de seu interesse e o outro em marco do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) próximo.

As estações da RBMC fornecem pontos de coordenadas conhecidas, eliminando a necessidade de o usuário imobilizar um receptor em um local que, muitas vezes, oferece grandes dificuldades de acesso. Além disso, os receptores que equipam as estações da RBMC são de alto desempenho, proporcionando observações de grande qualidade e confiabilidade.

Suas principais aplicações são:

- **Levantamentos Topográficos:** Topógrafos podem utilizá-lo no levantamento dos pontos de controle/amarração da poligonal e em qualquer trabalho que adote as coordenadas UTM, entre eles o Georeferenciamento de Imóveis Rurais.
- **Batimetria:** O método RTK pode ser utilizado para determinar a localização correta dos pontos onde foi determinada a profundidade (o equipamento não calcula a profundidade, só a localização dos pontos).
- **Locação (Construção Civil):** Locação é a fase de pré-projeto na construção civil, na qual ocorre um levantamento prévio do terreno a fim de se obterem os locais onde serão feitos os alicerces e as fundações da obra. Depois de projetados estes pontos são localizados e implantados no terreno por posicionamento RTK.
- **Obras Viárias:** Em todas as fases de uma obra viária é necessária a obtenção de dados Georeferenciados como apoio à implementação da mesma.

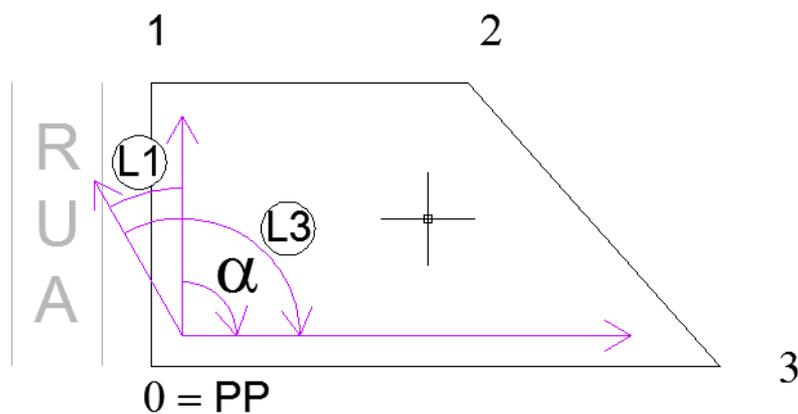
8 Métodos de Medição de Ângulos Horizontais

Os métodos descritos a seguir são utilizados para a obtenção dos ângulos entre alinhamentos do terreno a ser levantado. Os métodos diferenciam-se pela complexidade e, conseqüentemente, pela precisão obtida. Dessa forma, métodos mais simples podem gerar mais erros.

8.1 Simples

Este processo é usado em trabalhos de pouca precisão, pois o valor do ângulo é medido uma única vez. O ângulo é obtido pela diferença entre as leituras de um alinhamento qualquer aos dois alinhamentos em estudo no terreno.

- Instalar e Nivelar o teodolito no ponto 0;
- Apontar a luneta para a baliza posicionada no vértice 1;
- Anotar a leitura do limbo horizontal (o zero da graduação do limbo está numa posição qualquer);
- Com o movimento geral do aparelho fixo, liberar o movimento particular e apontar a luneta para a baliza instalada no vértice 3;
- Anotar a leitura do limbo.
- A diferença das duas leituras fornece o ângulo horizontal (Hz) entre os alinhamentos.



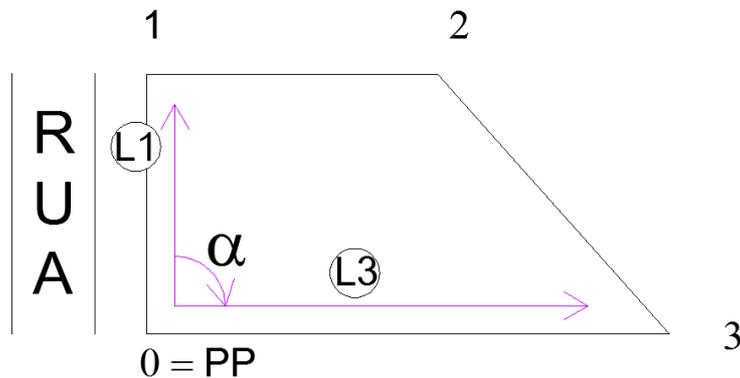
Método Simples

$$\text{Hz} = \alpha = L_3 - L_1$$

8.2 Zeragem

O Método da Zeragem, apesar de ser um dos mais utilizados, não costuma ser demonstrado em livros por ser pouco eficiente. Trata-se do Método Simples, sendo feita, porém,

apenas uma leitura, e **zerando-se o limbo** no alinhamento com o vértice 1. Desse modo, a precisão é ainda mais reduzida do que no método anterior.



Método Zeragem

$$Hz = \alpha = L_3 - L_1$$

Note que, como o limbo é zerado no alinhamento 1, $L_1=0$. Então:

$$Hz = L_3$$

8.3 Repetição

Este método consiste em visar, sucessivamente, os alinhamento a vante e a ré de um determinado ponto ou estação, fixando o ângulo horizontal lido e tomando-o como partida para a próxima medida.

O processo funciona da seguinte forma:

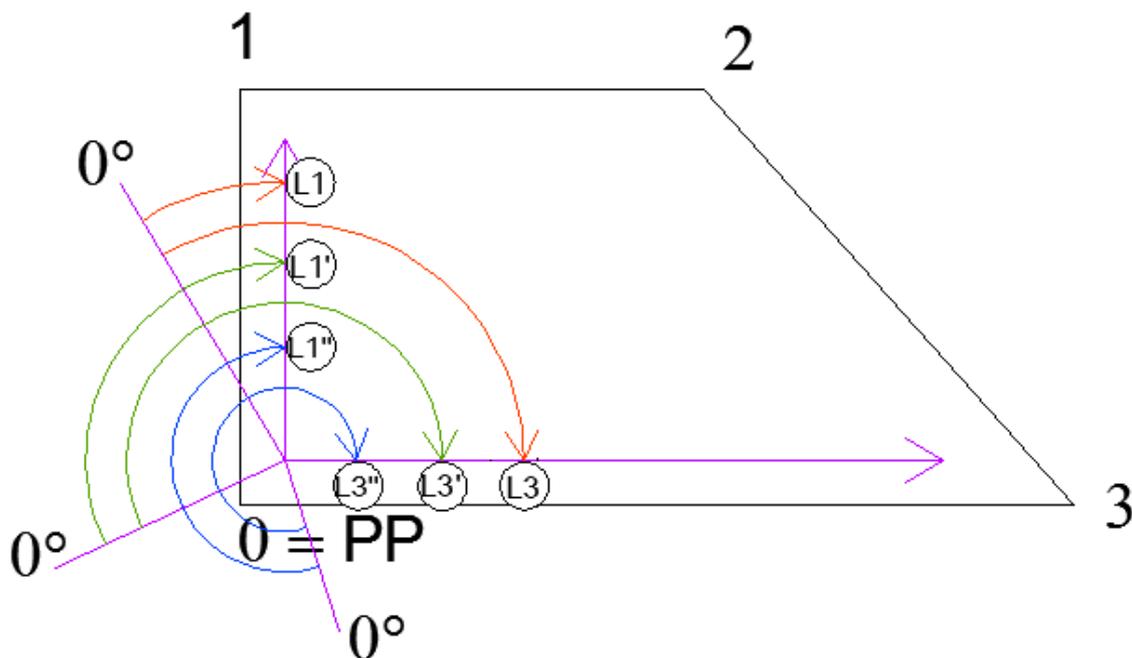
- Instalar e Nivelar o teodolito no ponto 0;
- Zera-se o limbo do aparelho em uma direção qualquer;
- A luneta é apontada para o primeiro alinhamento, vértice 1 e a leitura angular é lida e anotada;
- O aparelho é liberado e a luneta é apontada para o ponto do próximo alinhamento, vértice 3;
- A leitura angular é lida e anotada;
- Fixa-se a leitura angular horizontal (limbo), destrava-se o aparelho (movimento horizontal) e aponta-se a luneta novamente para o primeiro alinhamento, vértice 1;
- Observe que, neste momento, a leitura angular de partida utilizada é a leitura angular lida anteriormente;
- Liberar o ângulo horizontal (limbo) e destravar o aparelho, apontando-se para o ponto do próximo alinhamento, vértice 3;

- Uma nova leitura angular é feita e anotada.

Este processo deve ser repetido por, no mínimo, **três vezes**, dependendo da precisão exigida no levantamento.

Para obter-se os ângulos horizontais, basta subtrair a leitura final da inicial. O valor final do ângulo é a média aritmética entre todas as medidas:

$$Hz = \frac{\sum_{i=1}^n (L_3 - L_1)_i}{n}$$



Método Repetição

8.4 “Método Cláudio”

Este método, alternativo ao da repetição tradicional, consiste em realizar o método simples por pelo menos três vezes, mas com diferentes ângulos no limbo horizontal. Isto é, a cada medida de ângulo horizontal deve-se zerar o limbo em uma direção qualquer, a fim de utilizar-se partes diferentes e aleatórias do limbo. Assim, obtém-se no mínimo três ângulos. O ângulo formado entre os vértices 1 e 3 da poligonal será a média dos ângulos medidos. Método utilizado em aparelhos ópticos-mecânicos (teodolitos analógicos), devido a dificuldade de fixar a pontaria fina na fase de arrastamento da leitura fixada no próximo alinhamento para o alinhamento anterior, de acordo com o método anterior.

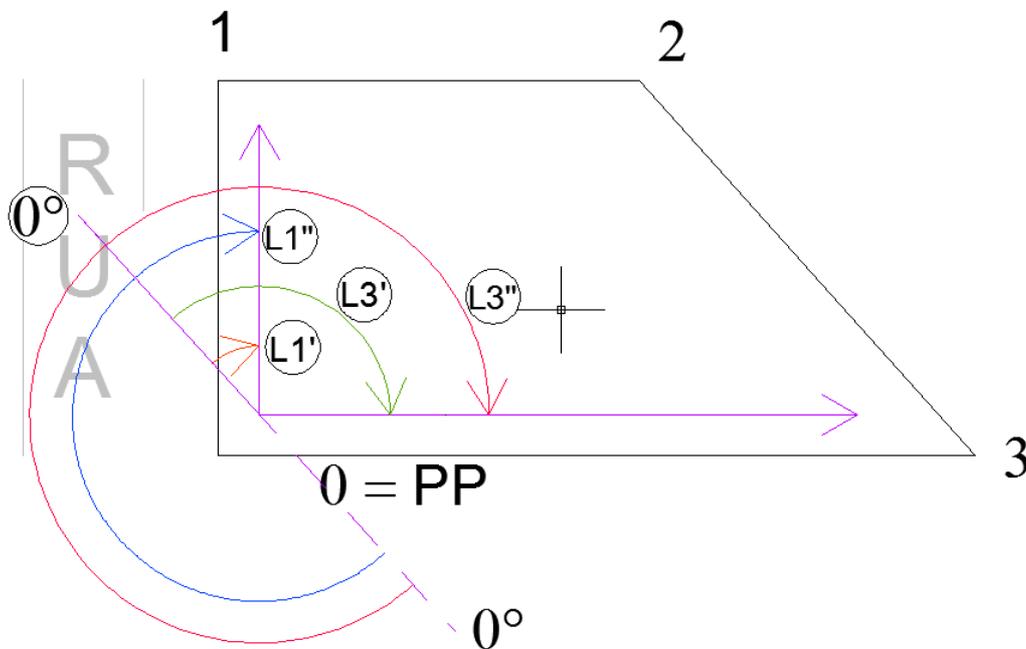
8.5 Reiteração

Este método tem como objetivo fazer medições do ângulo utilizando regiões opostas do limbo, para minimizar erros devido a deformações e/ou problemas de fabricação no aparelho. Para isso, bascula-se a luneta (girar aproximadamente $180^{\circ}00'00''$) após a visada no ponto de ré.

É feito da seguinte forma:

- Instalar e Nivelar o teodolito no ponto 0;
- A luneta do aparelho é apontada para o primeiro alinhamento, vértice 1 e é feita a leitura angular horizontal e anotada;
- O aparelho é apontado para o próximo alinhamento, vértice 3;
- A leitura angular é lida e registrada;
- A luneta é basculada (girar a luneta verticalmente, em torno do eixo horizontal) em aproximadamente 180° , a fim de que ela fique na mesma direção, mas no sentido oposto;
- A luneta é novamente apontada para o primeiro alinhamento, vértice 1 ;
- A leitura angular de partida tomado agora é diferente da anterior em $180^{\circ}00'00''$;
- Aponta-se para o próximo alinhamento, vértice 3;
- Outra leitura angular é feita e anotada.

$$Hz = \frac{(L3' - L1') + (L3'' - L1'')}{2}$$



Método Reiteração

8.6 Erros Angulares e Retificação

Todas as observações topográficas se reduzem à medida de uma distância, de um ângulo ou de uma diferença de nível as quais podem ser afetadas de erros ocasionados pelos aparelhos, pelas condições exteriores e pelo observador. As causas dos erros em medições lineares ou angulares são as mais diversas: imperfeições do instrumento de medida, condições meteorológicas, falhas humanas e causas não conhecidas (erros aleatórios).

- **Erro de estacionamento**

Este tipo de erro acontece na prática quando o operador comete uma das seguintes imprudências: má instalação do tripé, calagem imperfeita do teodolito e suposição de que toda a operação está "boa". O aprendizado inclui a observância às regras e metodologias; deixar de cumpri-las é sinal de despreparo profissional.

- **Erro de visada**

Nas medições angulares, este tipo de erro é o que assume maiores proporções. Duas são as causas principais: falta de verticalidade da baliza e colimação imprecisa.

- **Erro de excentricidade**

Os teodolitos possuem, no limbo horizontal, dois círculos graduados e concêntricos (o do limbo e o do vernier), cujos centros devem ser coincidentes. Um erro linear de excentricidade (e) produz um erro angular ϵ_a (em radianos) dado pela expressão

$$\epsilon_a = e / r$$

onde r é o raio do círculo graduado.

Em Topografia, o erro linear de excentricidade admissível é de 0,01 mm, o que resulta para um raio $r = 100$ mm, um erro angular máximo: $\epsilon_{\text{máx}} \approx 41''$.

Nos instrumentos da geração atual o erro devido à excentricidade é desprezível.

- **Erro máximo permissível**

Trata-se da diferença máxima aceitável entre a soma dos ângulos internos da figura geométrica e a soma dos ângulos levantados em campo.

$$\epsilon_{\text{máxperm}} = \pm k e_a \sqrt{n}$$

onde

k = coeficiente de tolerância \rightarrow varia de **1 a 3**, de acordo com a precisão exigida;

e_a = precisão nominal do aparelho (**menor divisão**); ou chamar de “**leitura mínima**”, segundo: <http://www.scribd.com/doc/85541482/5-3-5-Precisao-Nominal-Aula4>

n = número de vértices da poligonal

- **Erro angular máximo**

$$\varepsilon_{\text{máxangular}} = 180 \pm k e_a \sqrt{n}$$

$$\varepsilon_{\text{máxangular}} = 180 \pm \varepsilon_{\text{máxperm}}$$

- **Erro cometido**

$$E_c = \text{fechamento angular} - \sum \text{Hz medidos}$$

Sendo, o fechamento angular, a soma dos ângulos internos prevista para a poligonal:

$$E_c = 180(n - 2) - \sum \text{Hz medidos}$$

O erro cometido em campo deve ser inferior ao erro máximo permitido para que o levantamento seja aceito.

- **Distribuição do erro**

$$D_e = \frac{\text{erro cometido}}{n}$$

- **Correção dos ângulos internos**

O valor D_e obtido deve ser somado (ou subtraído, no caso de o resultado ser negativo) a cada ângulo interno da poligonal para que eles sejam corrigidos. Isso faz com que a soma dos ângulos internos dê o valor teórico do *fechamento angular* calculado (salvo pequenas diferenças devidas a arredondamentos).

8.6.1 Retificação do teodolito

O operador de teodolitos deve, antes de uma jornada de campo, verificar as condições de retificação do teodolito, para se assegurar da correção esperada das medidas.

Entende-se por verificar um instrumento a comprovação de que seu funcionamento está correto; por correção ou retificação, as operações necessárias para que todas as partes do instrumento ocupem suas posições devidas. Sem essa providência, os resultados e qualidade do levantamento estarão comprometidos. As principais causas de má retificação dos instrumentos de medida são: choques, trepidação durante o transporte e quedas.

Qualquer teodolito deve cumprir algumas condições prévias além das citadas anteriormente, a saber: invariabilidade do eixo de colimação ao enfocar diferentes distâncias, perfeita graduação dos limbos e inexistência de erros de posicionamento dos índices.

Em aparelhos com medição eletrônica, a fim de garantir que estejam em condições adequadas de uso, é necessário realizar uma calibração periódica com empresas certificadas para esse serviço. Essas irão gerar um certificado, geralmente com duração anual, o qual atestará que o equipamento está apto para levantamentos topográficos, sendo exigido por muitos órgãos públicos e empresas privadas de engenharia.

- **Verticalidade do eixo principal**

Avalia-se o deslocamento da bolha e corrige-se a metade do valor deslocado, atuando no parafuso de retificação localizado na extremidade do nível. Atua-se neste parafuso com ferramenta adequada, movendo-o para levantar ou abaixar a sua extremidade. Este movimento é transferido ao suporte do nível deslocando a bolha no sentido desejado. Caso haja necessidade, deve-se repetir a operação para o outro nível.

- **Horizontalidade do eixo óptico**

O erro verificado corresponde à soma dos erros individuais (iguais entre si) na primeira e na segunda leitura da mira. Desta forma, o valor correto da leitura é a média aritmética das leituras.

Aponta-se a luneta novamente para a mira graduada e, atuando-se no parafuso de chamada do movimento vertical, registra-se o valor da média.

- **Perpendicularismo entre os eixos de colimação e de rotação da luneta**

Divide-se a diferença por dois e corrige-se a leitura desse valor, por meio do parafuso micrométrico horizontal. Como consequência, o fio colimador se afasta do fio de prumo de um valor idêntico. Atuando nos parafusos próprios dos fios do retículo, leva-se o retículo a colimar rigorosamente o fio de prumo.

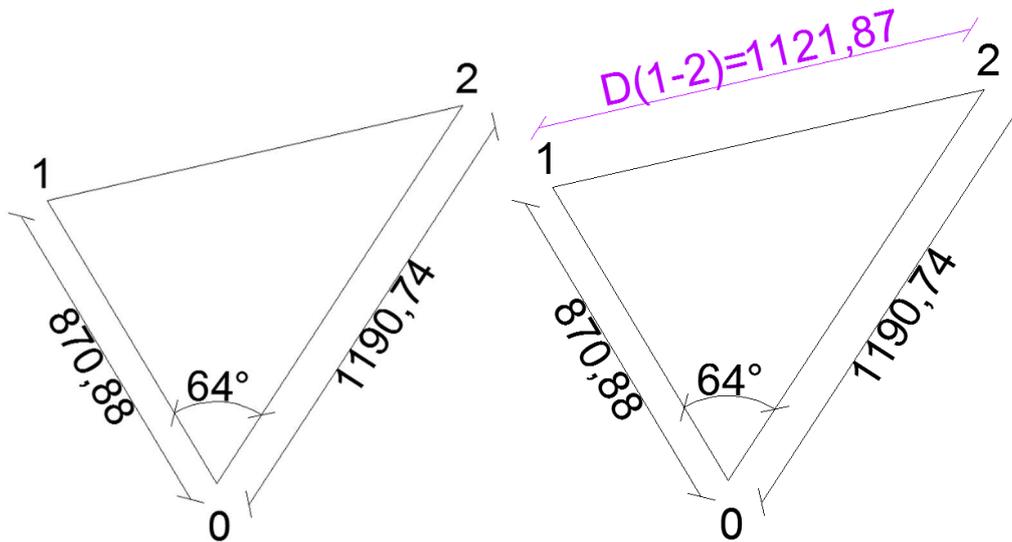
É indispensável que as operações de verificação e retificação sejam conduzidas na sequência exposta, a fim de assegurar a perfeita retificação do aparelho.

Os teodolitos são instrumentos delicados, por isso cuidados especiais devem ser tomados no acondicionamento, transporte e uso, de modo que sejam evitados choques, trepidações, quedas, umidade, etc..

9 Obtenção de Medidas Horizontais da Poligonal

9.1 Cálculo da Distância entre Dois Vértices

Através de um ângulo medido entre dois alinhamentos e corrigido pelos métodos vistos anteriormente, mais a medida das duas distâncias horizontais entre o ponto de visada do aparelho e os outros vértices de um triângulo, é possível se obter a terceira medida de distância horizontal, conforme demonstrado pela figura abaixo.



Lei dos Cossenos:

$$D_{1-2}^2 = D_{0-1}^2 + D_{0-2}^2 - 2 * D_{0-1} * D_{0-2} * \cos(H_{i0})$$

9.2 Erro Linear Máximo

$$E_{lm\acute{a}x} = k \cdot \varepsilon_l \cdot \sqrt{P}$$

Onde: **k** = coeficiente de tolerância → varia de **1 a 4**, conforme a precisão exigida;
 ε_l = erro padrão = 0,0033 m/km (depende do aparelho);
perímetro = P = soma de todas as arestas do polígono em km.

9.3 Fórmula do Semi-perímetro para Cálculo de Área

$$\text{Semi - perímetro} = \frac{P}{2} = \rho$$

$$A = \sqrt{(\rho - a)(\rho - b)(\rho - c)\rho}$$

Sendo “a”, “b” e “c” as arestas de um triângulo.

Altimetria

Os próximos capítulos tratam da Altimetria, com a determinação do levantamento de dados referentes às alturas dos pontos do terreno e a sua representação.

Altitude

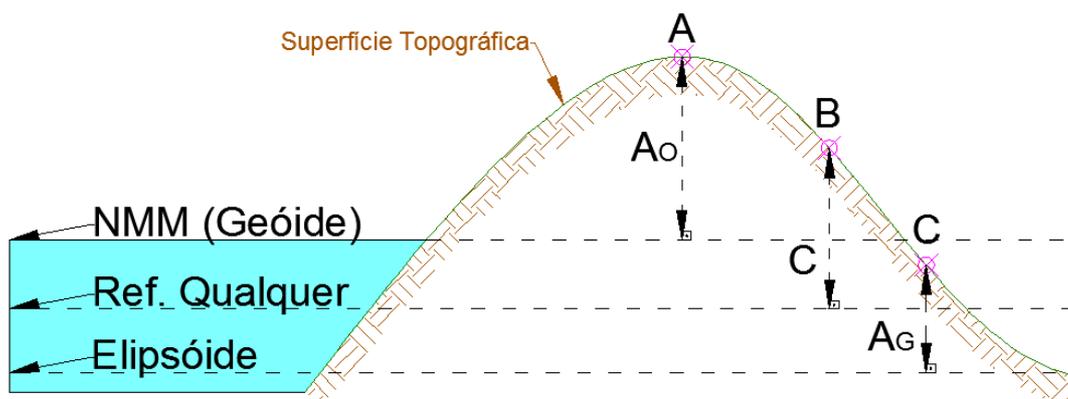
É a altura (distância vertical) de um ponto em relação a uma Referência de Nível (RN) oficial do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB). Um RN oficial precisa ser edificado por um órgão oficial brasileiro, como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), ou por outros órgãos tais como: o Exército Brasileiro, a Força Aérea Brasileira (FAB), o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e o Departamento Estadual de Infraestrutura (DEINFRA), e obrigatoriamente ser homologado pelo IBGE.

A Altitude pode ser **Ortométrica** (referência no Geóide – Nível Médio dos Mares), ou **Geométrica** (se a referência for o Elipsoide de referência). No Brasil as altitudes são determinadas a partir da Rede Altimétrica Brasileira, estabelecida pelo IBGE, na qual um conjunto de pontos materializados no terreno (RN) e identificados por uma coordenada, altitude, determinada a partir de um ponto origem do datum vertical. No Brasil, o datum altimétrico é o ponto associado com o nível médio do mar determinado pelo marégrafo de Imbituba, Santa Catarina.

É possível obter informações sobre a rede altimétrica brasileira através do site do IBGE. Para tal, deve-se conhecer o nome da RN e sua posição (latitude e longitude), tendo em vista que as informações foram organizadas com base nas folhas da Carta Internacional do Mundo ao Milionésimo.

Cota

É a altura de um ponto em relação a uma referência de nível qualquer – arbitrada -.



Exemplos de pontos com Altitude Ortométrica (A), Cota (B) e Altitude Geométrica (C).

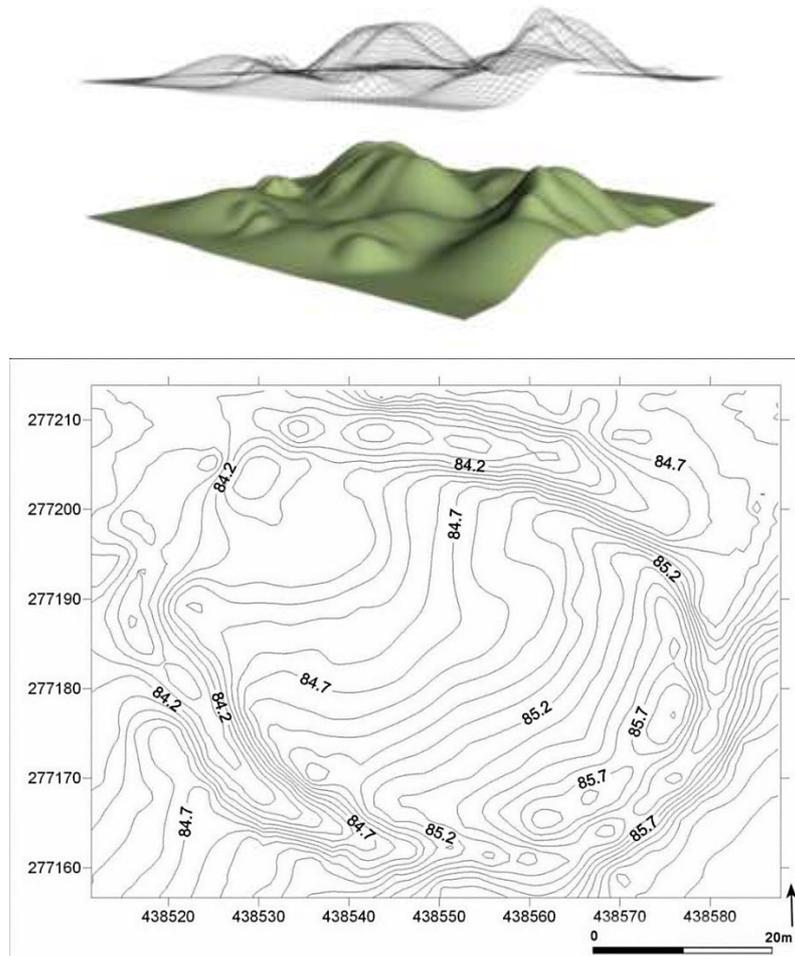
Diferença de Nível

A diferença de nível entre dois pontos pode ser obtida pela diferença entre altitudes ou cotas, desde que os dois pontos possuam o mesmo RN.

10 Nivelamento do Terreno

O Nivelamento é um processo que consiste na obtenção de cotas ou altitudes de pontos no terreno, ou seja, os desníveis entre pontos do terreno. Com a junção das informações planimétricas obtidas pelos procedimentos de Topografia I (coordenadas planimétricas: UTM, LTM, polares,...) e as informações altimétricas dos pontos, pode-se representar a superfície topográfica em duas ou três dimensões. De acordo com a ABNT, levantamento topográfico altimétrico ou nivelamento é definido por:

Levantamento que objetiva, exclusivamente, a determinação das alturas relativas à uma superfície de referência dos pontos de apoio e/ou dos pontos de detalhe, pressupondo-se o conhecimento de suas posições planimétricas, visando a representação altimétrica da superfície levantada. (NBR13133, Execução de levantamento topográfico. 1994, p. 3)



Representação tridimensional da superfície ou bidimensional com curvas de nível -

http://www.totalsurveys.co.uk/Portals/0/images/shutterstock_2502939.jpg

<http://www.souterrain.biz/images/Picture2.jpg>

A representação esquemática das curvas de nível de um terreno pode ser melhor visualizada nesta demonstração:

http://www.lte.ib.unicamp.br/bdc_uploads/materiais/video/material851_codigoBinario_pt.swf

Tipos de Nivelamento:

Geométrico

Mais preciso dos métodos de nivelamento, realizado através de visadas horizontais utilizando como instrumentos níveis topográficos e miras verticais graduadas.

Trigonométrico

Realizado através de Teodolitos e Estações Totais com visadas com qualquer inclinação. Mais rápido que o Geométrico, porém menos preciso. Não indicado para a engenharia, onde os trabalhos ou implantação de projetos exigem precisão.

Barométrico

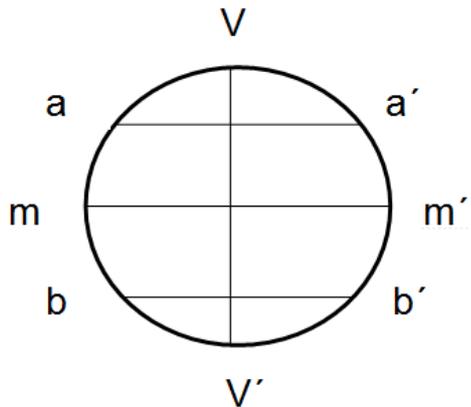
Baseia-se na relação existente entre a pressão atmosférica e a altitude. Tem pouca precisão, entretanto dispensa a visibilidade entre os pontos a serem nivelados. Há necessidade de se efetuar correções devido à Maré Barométrica. Utiliza aneróides ou altímetros para a determinação da pressão atmosférica no campo.

10.1 Taqueometria

Trata-se do método Trigonométrico. Para a Taqueometria, deve-se utilizar o Taqueômetro, que é o Teodolito dotado de fios estadiométricos na luneta:

- Fio colimador: é o fio vertical de referência para as medidas de ângulos horizontais;
- Fio médio (FM): é o fio horizontal de referência para a medida de ângulos verticais;
- Fio superior (FS) e inferior (FI): são chamados de fios estadiométricos, e são equidistantes e opostos, paralelos ao fio médio.

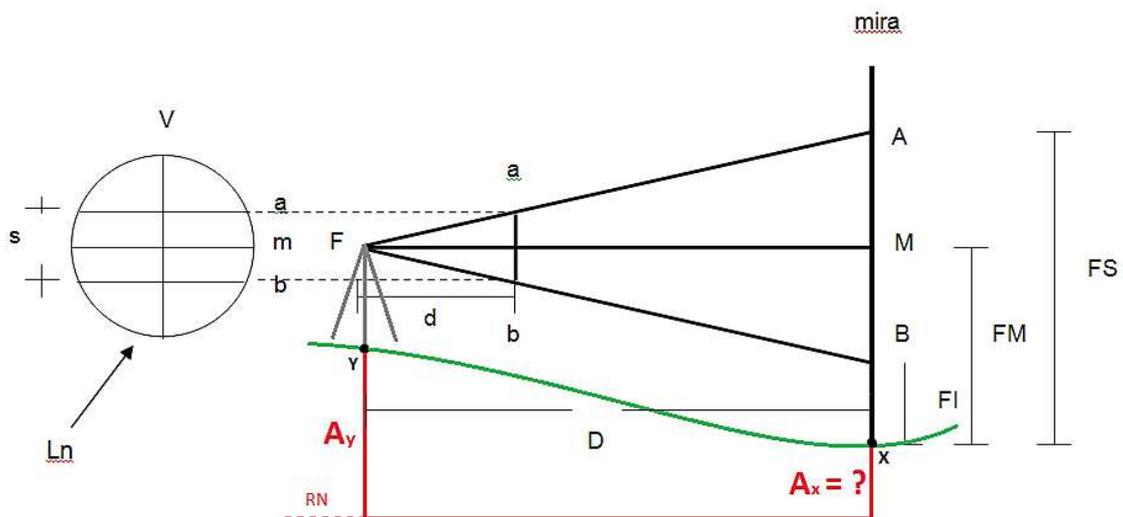
- Ângulo diastimétrico: é o ângulo, com vértice no foco da objetiva e lados formados pelos raios que vão do fio horizontal inferior ao fio horizontal superior.



m-m': fio nivelador;
a-a' e b-b': fios estadimétricos
V-V': fio colimador

Esquema dos fios visualizados na luneta do taqueômetro

O esquema para a medição da altitude de um ponto X taqueometricamente é apresentado abaixo:



Esquema geral para definição dos cálculos na Taqueometria

Sendo:

- L_n = luneta;
- F = foco da objetiva;
- d = distância entre os planos dos fios do retículo ao foco da objetiva;
- s = distância vertical entre os fios estadimétricos;
- D = distância entre o aparelho e a mira ou distância horizontal entre o ponto conhecido e o analisado;
- AB = número gerador 'S' = diferença de leituras sobre a mira entre os fios superior (FS) e inferior (FI);

- Y = ponto de altitude conhecida, onde deve-se instalar o aparelho;
- Ax = altitude a ser determinada.

Por semelhança dos triângulos Fab e FAB, obtêm-se:

$$\frac{D}{d} = \frac{AB}{ab}$$

Sendo $AB = FS - FI$ e $ab = s$:

$$D = \frac{d}{s} \times S$$

Os valores **d** (distância focal) e **s** (afastamento dos fios estadimétricos) são fixos para cada aparelho e, portanto, a relação **d/s** é definida como **Constante Estadimétrica**, que possui o valor **100** para os aparelhos atuais.

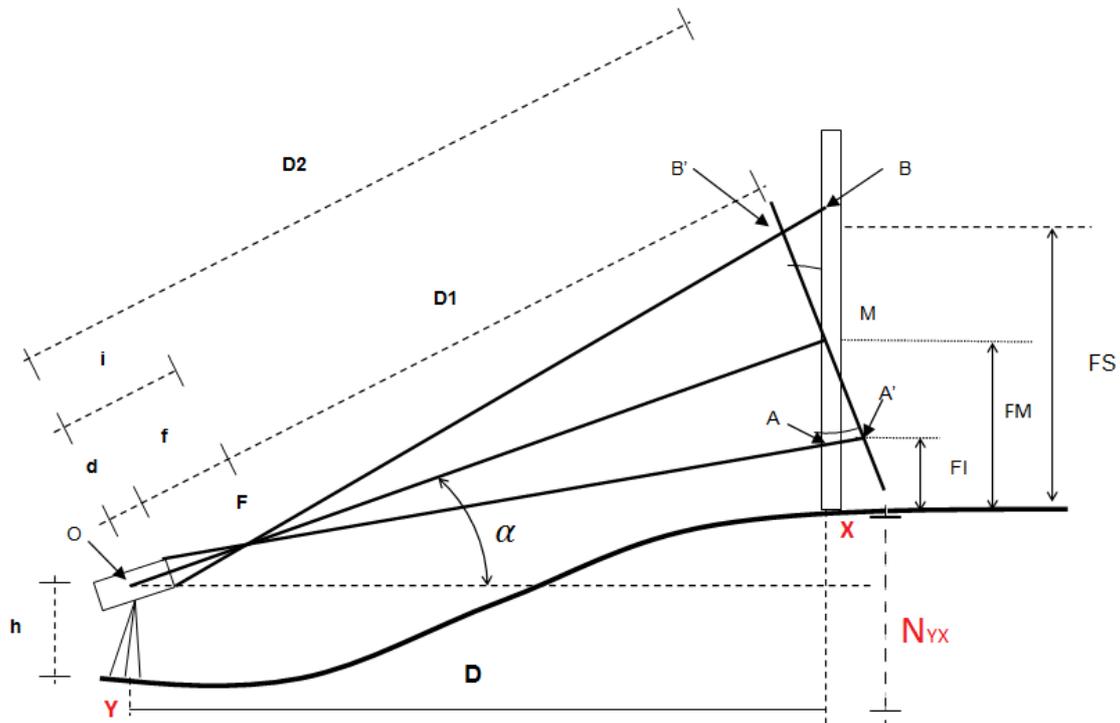
$$C = \frac{d}{s} = 100$$

Portanto, a equação básica para se determinar a distância horizontal entre o ponto de altitude conhecida e o ponto analisado é:

$$D = C \times S$$

Entretanto, no caso demonstrado o aparelho encontra-se alinhado com o horizonte. Num caso mais geral, quando a luneta estiver basculada, haverá um ângulo α formado entre M e a horizontal. E a distância D deverá ser calculada por:

$$D = C \times S \times \cos^2 \alpha$$



Caso geral de medição taqueométrica, sendo h a altura do eixo de rotação da luneta até o piquete

Com a distância D calculada, encontra-se a altitude (ou cota) do ponto X desejada:

$$N_{YX} = (h - FM) \pm D \times \tan \alpha$$

Sendo, o sinal, positivo quando a luneta estiver apontada para cima e negativo quando estiver para baixo. Assim, tem-se que:

$$A_X = N_{YX} + A_y$$

10.2 Nivelamento Geométrico

O Nivelamento Geométrico, por ser o método mais preciso, é o que deve ser utilizado em Engenharia. Outros métodos foram e serão apresentados, porém as atividades da disciplina se desenvolverão com o uso desse método.

Trata-se da operação que visa a determinação do desnível entre dois pontos a partir da leitura em miras efetuadas com níveis ópticos ou digitais e executados para fins geodésicos ou topográficos. Segundo a ABNT, nivelamento geométrico é descrito por:

Nivelamento que realiza a medida da diferença de nível entre pontos do terreno por intermédio de leituras correspondentes a visadas horizontais, obtidas com um nível, em miras colocadas verticalmente nos referidos pontos. (NBR13133, Execução de levantamento topográfico. 1994, p. 3)

10.2.1. Nível

Os níveis são equipamentos que permitem definir com precisão um plano horizontal (ortogonal à vertical) pelo eixo principal do equipamento. Não permitem movimentos na vertical (basculantes). As principais partes de um nível são:

- luneta;
- nível de bolha;
- sistemas de compensação (para equipamentos automáticos);
- dispositivos de calagem.



Nível de bolha acoplado a uma régua

Os equipamentos podem ser classificados em ópticos e digitais, no qual a leitura na mira é efetuada automaticamente com miras em código de barra. Os níveis ópticos são classificados em mecânicos e automáticos. No primeiro caso, o nivelamento "fino ou calagem" é realizado com o auxílio de níveis de bolha bi-partida. Nos modelos automáticos a linha de visada é nivelada automaticamente utilizando-se um sistema compensador (pendular).

São três os eixos principais de um nível:

- ZZ' = eixo principal ou de rotação do nível;
- OO' = eixo óptico/ linha de visada/ eixo de colimação;
- HH' = eixo do nível tubular ou tangente central.

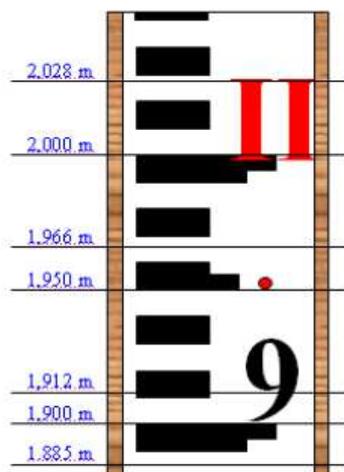
O eixo ZZ' deve estar na vertical, HH' deve estar na horizontal e ortogonal ao eixo principal e o eixo OO' deve ser paralelo ao eixo HH' . Caso isso não ocorra os níveis devem ser retificados.



Nível Topográfico Wild NK2 – 145477

10.2.2. Mira

Durante a leitura em uma mira convencional devem ser lidos quatro algarismos, que corresponderão aos valores do metro, decímetro, centímetro e milímetro, sendo que este último é obtido por uma estimativa e os demais por leitura direta dos valores indicados na mira. A leitura do valor do metro é obtida através dos algarismos em romano (I, II, III) e/ou da observação do símbolo acima dos números que indicam o decímetro. A leitura do decímetro é realizada através dos algarismos arábicos (1,2,3, etc.). A leitura do centímetro é obtida através da graduação existente na mira. Traços escuros correspondem a centímetros ímpares e claros a valores pares. Os centímetros de leitura 0 e 5 possuem traços de largura maior para melhor visualização. Finalmente a leitura do milímetro é estimada visualmente.



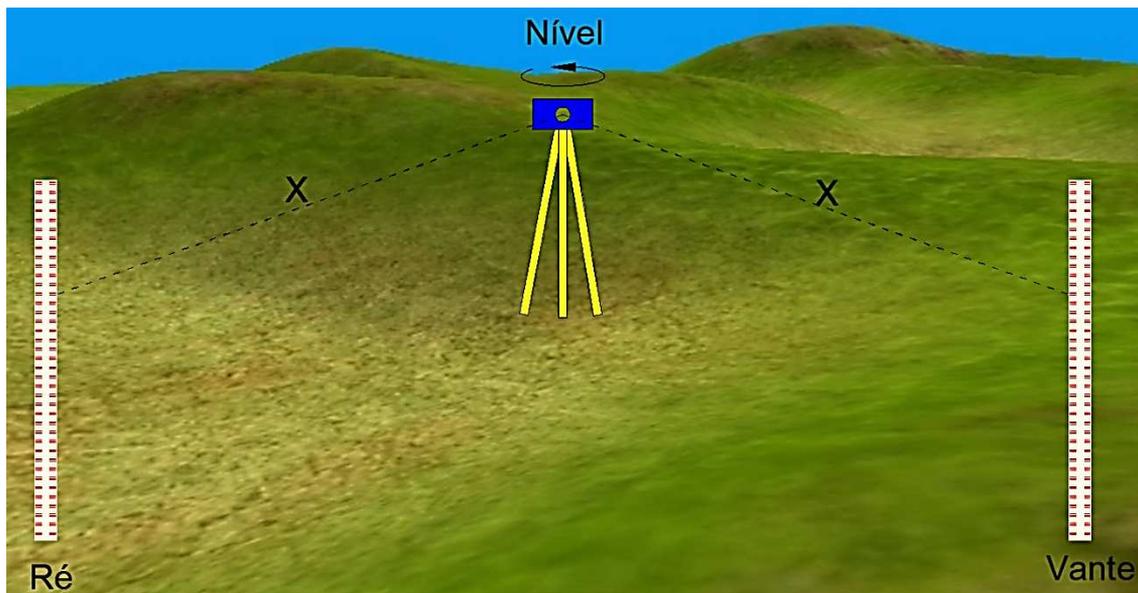
Leitura na mira

10.2.3 Métodos de Nivelamento Geométrico

Estudaremos dois principais métodos de nivelamento geométrico:

10.2.3.1 Visadas iguais (nivelamento composto)

É o método mais preciso e muito aplicado em engenharia. Consiste em colocar miras sobre dois pontos, sendo um o ponto de cota/altitude conhecida – conhecido como **Ré** – e, o outro, o ponto que se deseja determinar a cota/altitude – conhecido como **Vante**. Através desse processo simples, determina-se o desnível entre os pontos pela diferença entre a leitura de **ré** e a de **vante**. Mesmo que o nível deva estar a igual distância entre as miras, não necessariamente precisa estar alinhado entre elas.



Método das visadas iguais para nivelamento geométrico

Neste procedimento o desnível independe da altura do nível. Nota-se que, ao alterar a altura do nível, as leituras também se modificam, contudo o desnível calculado permanece o mesmo. A principal vantagem deste método é o fato de minimizar erros causados pela curvatura terrestre, refração atmosférica e colimação do nível (os dois primeiros erros são significativos no nivelamento geométrico aplicado em Geodésia). Deve-se notar que a leitura de ré é aplicada quando ocorre mudança na posição do nível.

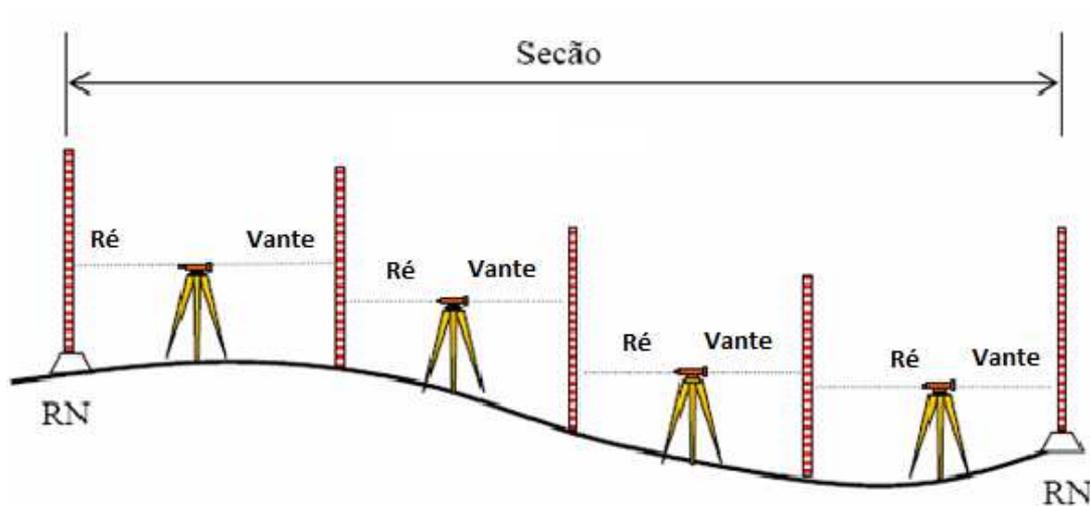
A partir da figura a seguir, pode-se deduzir que:

$$A_i = H_p + L_{ré} p$$

e

$$H_p = A_i - L_{vante} p$$

Em que A_i é a altitude (ou cota) do aparelho, H_p é a altitude (ou cota) do ponto visado, $L_{ré}$ e L_{vante} são, respectivamente, as leituras de ré e de vante feitas na mira.



Aplicação da leitura de ré em ponto já nivelado quando ocorre troca da posição do nível

Fonte: Instituto Federal de Santa Catarina

A mudança da posição do nível torna-se necessária em algumas situações:

- Quando houver um obstáculo que impeça a visão da mira pelo observador no nível;
- Quando o trecho possuir um desnível acentuado entre o ponto de ré e vante, impossibilitando a leitura na mira;
- Se a leitura ficar abaixo de 50 centímetros da mira, pois poderia ser afetada pela difração solar;
- Se a leitura ficar acima de 3 metros na mira, pois erros em sua verticalidade poderiam acarretar um erro muito grande no nivelamento do ponto;

10.2.3.2 Visadas extremas (nivelamento simples)

Neste método determina-se o desnível entre a posição do nível e da mira através do conhecimento da altura desse (aparelho/nível) e da leitura efetuada sobre esta (régua/mira). É um método de nivelamento bastante aplicado na área da construção civil.

O maior benefício deste método é o rendimento apresentado, pois o nível é instalado em uma só posição e a varredura dos pontos desejados é feita continuamente. Entretanto, não elimina erros advindos da curvatura, refração e colimação, além exigir a medição da altura do instrumento, o que pode introduzir um erro adicional. Para evitar este último, costuma-se realizar uma visada de ré inicial sobre um ponto de cota conhecida, de modo a determinar a altura do instrumento já no referencial altimétrico a ser utilizado.

10.2.4 Conceitos Importantes para o Nivelamento Geométrico:

- **Visada:** leitura efetuada sobre a mira;
- **Lance:** é a medida direta (distância) entre duas miras verticais ou dois pontos nivelados;
- **Seção:** é a medida (distância) entre duas referências de nível (RN) ou entre um RN e o ultimo ponto a ser nivelado. É a soma dos lances;
- **Trecho:** é a soma de todas as seções. Normalmente forma uma poligonal aberta;
- **Linha de nivelamento:** é o conjunto das seções compreendidas entre duas RN chamadas principais;
- **Circuito de nivelamento:** é a poligonal fechada constituída de várias linhas justapostas;
- **Pontos nodais:** são as RN principais, às quais concorrem duas ou mais linhas de nivelamento;
- **Rede de nivelamento:** é a malha formada por vários circuitos justapostos.

10.2.5 Verificação do Nivelamento

Após o nivelamento geométrico e o cálculo da caderneta de campo, deve ser feita a verificação do mesmo, a fim de analisar se não houve erros excessivos. Teoricamente,

$$|\Sigma L_{ré} - \Sigma L_{vante\text{mudança}}| = |H_{inicial} - H_{final}|$$

em que $L_{vante\text{mudança}}$ é toda leitura de vante em que também possuímos leitura de ré.

Caso os pontos inicial e final tenham altitudes conhecidas e não haja igualdade entre os dois termos da equação, deve-se calcular o erro máximo permssível, a fim de verificar se o nivelamento é válido.

$$E_{máx} = e_{médio} * k$$

Já a NBR 13.133, normatiza os Erros Médio e Máximo da seguinte forma:

CLASSIFICAÇÃO DOS NÍVEIS

Os níveis são classificados segundo desvio-padrão de 1 km de duplo nivelamento:

CLASSES DE NÍVEIS	DESVIO-PADRÃO
1-PRECISÃO BAIXA	$> \pm 10\text{mm/km}$
2-PRECISÃO MÉDIA	$\leq \pm 10\text{mm/km}$
3-PRECISÃO ALTA	$\leq \pm 3\text{mm/km}$
4-PRECISÃO MUITO ALTA	$\leq \pm 1\text{mm/km}$

Após o nivelamento geométrico e o cálculo da caderneta de campo, deve ser feita a verificação do mesmo, a fim de analisar se não houve erros de cálculo. Teoricamente,

$$|\Sigma L_{ré} - \Sigma L_{vante\text{mudança}}| = |H_{inicial} - H_{final}|$$

Em que $\Sigma L_{\text{vantemudança}}$ é o somatório de todas as leituras de Vante nos pontos em que também há leitura de ré (nos mesmos pontos). Leitura de Vante de mudança é a leitura realizada em um ponto o qual será realizada também uma leitura de Ré.

Caso não haja igualdade entre os dois termos da equação, significa que existe algum erro de cálculo na caderneta, implicando em recálculo para verificação. Se existir a igualdade entre os dois termos, este valor será o erro cometido no nivelamento. Deve-se calcular o erro máximo permissível, a fim de verificar se o erro cometido encontra-se dentro do erro máximo permissível e, por conseguinte, verificar se o nivelamento é válido.

A partir daí, realizar o cálculo do erro máximo e para isso deve-se considerar a classe (tipo) do equipamento utilizado, a metodologia utilizada e sua respectiva tolerância.

O cálculo do erro máximo em nivelamentos geométricos é diferenciado para cada classe de nível. De acordo com a NBR 13.133, apenas as classes 2 e 3 serão usadas, conforme tabela a seguir:

TIPO	METODOLOGIA	TOLERÂNCIA DE FECHAMENTO
IN	Nivelamento geométrico a ser executado com nível CLASSE 3 , utilizando miras dobráveis, centimétricas, devidamente aferidas, providas de prumo esférico, leitura a ré e vante dos três fios, visadas equidistantes com diferença máxima de 10m, ida e volta em horários distintos e com Ponto de Segurança (PS) a cada km, no máximo.	$12\text{mm}\sqrt{K}$
IIN	Nivelamento geométrico a ser executado com nível CLASSE 2 , utilizando miras dobráveis, centimétricas, devidamente aferidas, providas de prumo esférico, leitura do fio médio, ida e volta ou circuito fechado com Ponto de Segurança (PS) a cada dois km, no máximo.	$20\text{mm}\sqrt{K}$

K=extensão nivelada em km, medida num único sentido.

Considere para ambos os tipos:

Extensão Máxima = 10 km

Lance Máximo = 80 m

Lance Mínimo = 15 m

Observação: Para estradas o DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (antigo DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem), adota para Erros Médio e Máximo como sendo $e_{médio} = 5(mm) * \sqrt{\Sigma Distâncias (km)}$, k = 1,0 para nivelamentos de alta precisão (transporte de RN), 2,5 para média precisão (obras de engenharia em geral) e 5,0 para baixa precisão. O somatório das distâncias se refere as distâncias horizontais do aparelho até cada ponto nivelado.

A tolerância de fechamento corresponde à diferença máxima aceitável entre o nivelamento e o contranivelamento de uma seção e linha. Os erros médios após o ajustamento são, respectivamente, $6mm\sqrt{K}$ e $10mm\sqrt{K}$.

10.3 Batimetria

É a ciência que determina, gera e interpreta as profundidades e a topografia (geodésia) dos oceanos, ou seja, é o conjunto das formas de representação do relevo submerso, realizado em reservatórios, rios, mares, baías, lagos e lagoas.

A batimetria objetiva determinar o comportamento da morfologia do relevo hidrográfico desses ambientes para representá-los cartograficamente. O levantamento batimétrico consiste na obtenção das coordenadas planimétricas e altimétricas de um conjunto de pontos distribuídos, de forma homogênea, por toda a área referente ao projeto em estudo.

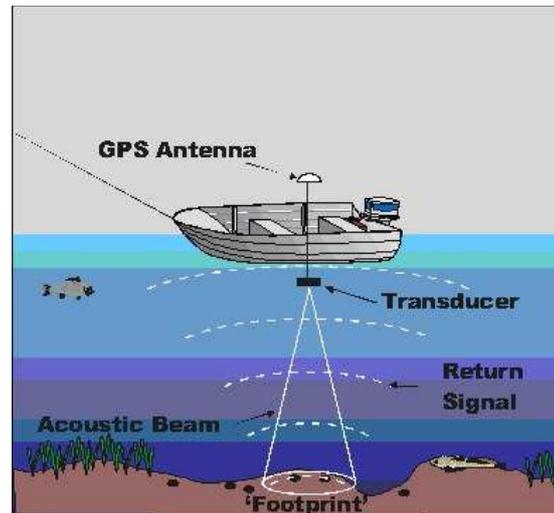
Esses pontos podem ser posicionados (planimetricamente) através dos métodos: Método dos Seguimentos Capazes (Quintantes/Sextantes e Estaciógrafos); Cabo Graduado (pequenas profundidades); Taqueometria (pequenas profundidades); Estação Total (pequenas profundidades ou sem ventos/ondas); Método das Intersecções (Lei dos Senos); posicionamento por GPS (topográfico ou geodésico).

Cada ponto obtido deverá apresentar três coordenadas. As duas primeiras são referentes a sua localização em relação às coordenadas geográficas referenciadas a um datum planimétrico (SAD 69, WGS 84, SIRGAS 2000, etc). A terceira coordenada refere-se à profundidade naquele ponto, que deve estar relacionada a um datum vertical (marégrafo de Imbituba-SC). A superfície a ser mapeada deve ser dividida em uma malha de linhas equidistantes a fim de servir de diretriz para o levantamento.

As sondagens podem ser realizadas pelo Método Direto, com a utilização de um fio de sonda (cabo de aço flexível (linho) com peso (grave) de 5 a 10 Kg na extremidade e graduado em decímetros) para profundidades de até 5 metros ou uma vara de sondar (haste de madeira ou metal inoxidável, graduada em decímetro, com uma sapata na extremidade) para até 20 metros de profundidade.

Para um levantamento preciso pode-se utilizar equipamentos sofisticados, como os ecobatímetros, compatíveis em qualquer profundidade e que realizam um registro contínuo e

preciso da superfície. Esses são instalados no casco de uma embarcação, emitem uma onda de frequência preestabelecida e registram o intervalo de tempo desde o instante em que se produziu a onda original até o momento em que se capta o retorno do eco desta onda, vindo da superfície de fundo. Estes equipamentos estão ajustados para obterem a profundidade de acordo com a velocidade do som em relação às características da água em que está sendo utilizado, como, por exemplo, a densidade e a salinidade.

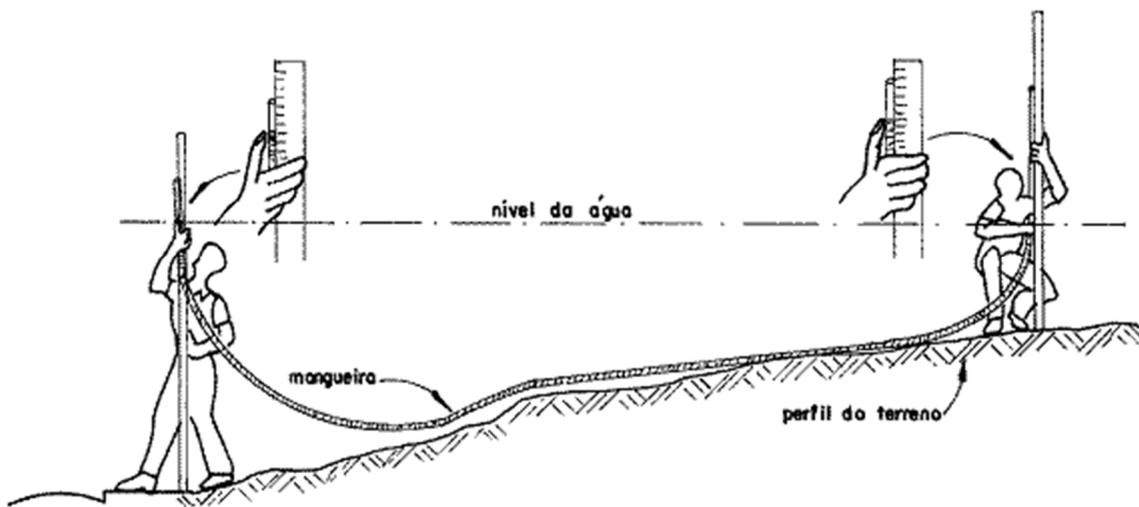


Exemplo de ecobatímetro e esquema geral da Batimetria

Aplicações:

- Construção de obras de defesa contra o avanço do mar: molhes ou quebra-mar;
- Locação de rochedos submersos (corais, parcéis, bancos de areia, etc);
- Linhas (rotas) de navegação em rios, lagoas e mares;
- Colocação de bóias de sinalização;
- Cálculo de volume submerso (aterro hidráulico);
- Cálculo da vazão de um rio;
- Irrigação e sistema de drenagem do solo;
- Projeto de lançamento de esgotos;
- Projetos de marinas;
- Projetos de tanques naturais de armazenamento de água/barragens;
- Medição da quantidade/fluxo de água (vazão), com relação aos sistemas de forças (Hidrelétrica);
- Controle de enchentes: medição e controle das alterações modulares, assoreamentos e erosões.

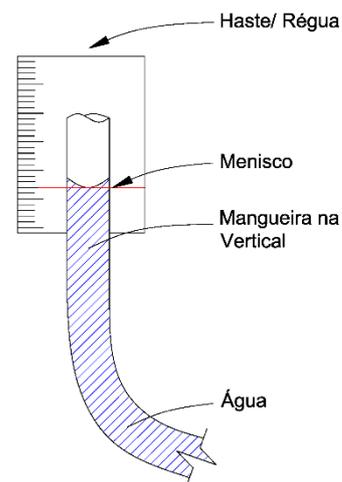
10.4 Nivelamento de Mangueira



Exemplo de medição em obra com o nivelamento de mangueira usando mira graduada.

Fonte: Instituto Federal de Santa Catarina

O nivelamento de mangueira trata-se de um método de pouca precisão, mas que possui uma boa aplicação para “conferências” em pequenas obras, principalmente de alvenaria estrutural. Baseia-se no princípio dos vasos comunicantes, onde o nivelamento entre dois pontos de mesma cota é avaliado pela altura no nível d’água na mangueira. O nível deve ser obtido no ponto mais baixo do menisco e o diâmetro da mangueira deve ser pequeno para haver maior sensibilidade e precisão na leitura. Deve-se tomar cuidado com as bolhas de ar, a transparência da mangueira e possíveis furos.



Exemplo de conferência em obra com o nivelamento de mangueira diretamente na parede e detalhe da leitura, a ser feita na posição inferior do menisco

10.5 Controle de Recalques

Recalque de Fundações é uma manifestação patológica caracterizada por um deslocamento da edificação ou de parte dela, na direção vertical e sentido de cima para baixo. Todas as fundações sofrem recalques, entretanto esses passam despercebidos na maior parte delas. É importante definir até que ponto o recalque em uma obra é admissível, levando-se em conta a aparência visual, a funcionalidade e a estabilidade dela. Os recalques podem ser uniformes, quando atuam em toda a edificação, os quais resultam em um rebaixamento uniforme de todos os pontos da fundação, ou diferenciais, se ocorrem em uma parte da edificação, havendo um rebaixamento desigual.

10.5.1 Tipos de Recalques

- **Recalque Imediato:** Suportável na maioria dos casos, é causado pela acomodação do solo/fundações e pela saída de gases (ar), ocorrendo em poucas horas;
- **Recalque Primário:** Maior dos recalques, pode levar a obra à ruptura. Ocorre por adensamento, com a saída de água do solo até os grãos encostarem uns nos outros. Em solos arenosos ocorre em poucos minutos, enquanto em solos argilosos pode levar anos;
- **Recalque Secundário:** Pouco influente na maioria dos casos, ocorre por deformação estrutural do esqueleto sólido em solos de origem orgânica;
- **Recalque por Colapso:** Mais comum em solos porosos não saturados, pode levar uma obra à ruína. É gerado pelo enfraquecimento das micro-ligações entre as partículas ou pelo abatimento do solo mal compactado e pode manifestar-se em poucas horas;
- **Recalque por Dissecação:** Causado pelo rebaixamento do lençol freático, ocorre progressivamente, durante e após esse rebaixamento. Esse aumenta o peso específico da camada rebaixada, a qual diminui ou perde o alívio do empuxo hidrostático;
- **Recalque por Vibrações:** Em geral, não são graves, mas resultam na geração de trincas. São ocasionadas pela vibração de equipamentos de compactação, bate-estacas, britadores, entre outros;
- **Recalque por Subsidência:** Causado pela escavação de túneis, que produzirão abatimentos não uniformes da superfície, provocando recalques diferenciais nas fundações e podendo levar a obra à ruína;
- **Recalque Distorcional:** Causado pela Distorção Angular/ Rotação Relativa/ Recalque Diferencial Específico, é a rotação da reta utilizada para definir o desaprumo e também pode levar a obra à ruína

10.5.2 Causas de Recalques

Dentre as origens dos recalques destacam-se: erros de projeto e/ou execução; adensamento do solo; ruptura do solo; falhas de concretagem e/ou deformação lenta do concreto

(fluência); fundações; sobrecarga (não prevista no projeto); alteração do uso da edificação; temperatura; construções vizinhas; rebaixamento do lençol freático (modificação do entorno); erro de locação da fundação ou pilares.

10.5.3 Avaliação de Recalques

A 1ª etapa da avaliação de recalques abrange a investigação das causas, com a vistoria no local, a coleta e organização das informações referentes à edificação necessárias ao diagnóstico (entendimento) do problema, como, por exemplo:

- Idade da edificação;
- Idade das fissuras;
- Variações das aberturas das fissuras (sazonal ou contínua);
- Vazamentos de tubulações, caixa de gordura, fossa séptica, sumidouro, cisterna, etc;
- Períodos de secas/enchentes;
- Obras vizinhas;
- Vibrações (abalos sísmicos);
- Minas subterrâneas;
- Reformas (mudanças de uso);
- Análise / estudo dos projetos: Memorial descritivo; Projetos arquitetônico, estrutural, hidro-sanitário, elétrico; Diário de obras; Laudos de sondagem: investigação no subsolo; Relatório de execução de fundações; Ensaio in loco ou em laboratórios;
- Pesquisa bibliográfica / especialista na área de manifestações patológicas.

A segunda etapa compreende o diagnóstico, isto é, o resultado da investigação, com a identificação das causas do problema. Já a terceira etapa pauta-se no prognóstico, isto é, na definição das ações a serem tomadas.

10.5.4 Controle de Recalques

A fim de garantir uma avaliação segura acerca dos recalques em uma fundação, as medições devem ser realizadas com equipamentos que alcançam uma precisão na ordem de 0,01 mm, tais como o Nível de Terzaghi, o Nível óptico e o Nível eletrônico. Também é necessário escolher uma Referência de Nível (RN) fora da área de instabilidade, a qual poderá ser engastada em camadas profundas com a injeção de cimento ou com a cravação de estacas.

Precisam-se escolher os pilares (estrutura) ou pontos da edificação a serem monitorados e demarcá-los com o uso da topografia. As medições desses pontos devem ser repetidas uma série de vezes, de preferência no mesmo horário (início da manhã), gerando a caderneta com o controle de recalques, a partir da qual serão calculados os recalques parciais (leitura de uma data menos a anterior), totais (leitura de uma data menos a inicial) e a velocidade destes.

Um dos acompanhamentos necessários é o do mapeamento das fissuras, rachaduras ou trincas com a utilização de um *software* de CAD e cores diferentes para cada uma das datas. Já o controle da verticalidade (desaprumo) é o acompanhamento periódico para a determinação do deslocamento vertical (prumo) de uma edificação. A frequência das observações dependerá de cada caso, e poderá ser desde algumas horas até mesmo dias ou meses. Quanto ao controle de flambagem, pode-se determiná-lo com um fio de prumo ou ainda através de métodos topográficos, os quais são mais confiáveis.

Algumas observações importantes que devem constar no relatório, uma vez que podem influenciar nas medições, são o volume de chuvas no período, a temperatura, a velocidade média do vento e o tempo (ensolarado ou nublado) no horário das leituras.

11 Desenho de Topografia – Projetos em CAD

Este capítulo não objetiva ensinar a utilização de um programa CAD para a execução do desenho topográfico, mas discutir tópicos relacionados a este. O desenho do levantamento será elaborado com base nos medições e no croqui de campo. Durante esta etapa o croqui é fundamental, pois mostrará quais pontos serão unidos e o que eles representam. Define-se desenho topográfico como:

Peça gráfica realizada, a partir do original topográfico [...] em formato definido nas NBR 8196, NBR 8402, NBR 8403, NBR 10068, NBR 10126, NBR 10582 e NBR 10647, com área útil adequada à representação do levantamento topográfico, comportando, ainda, moldura e identificadores segundo modelo definido pela destinação do levantamento. (NBR13133, Execução de levantamento topográfico. 1994, p. 2)

Os vértices da poligonal e os pontos de referência devem ser plotados segundo suas coordenadas (eixos X e Y). Pode-se utilizar, em conjunto, um programa CAD e um para cálculo topográfico, pelo qual as coordenadas dos pontos são obtidas e lançadas no editor gráfico para a realização do desenho. Caso as coordenadas obtidas a partir da estação total estejam “truncadas” (sem os primeiros dígitos por falta de casas decimais disponíveis), todos os pontos deverão ser movidos para suas coordenadas reais.

Além disto, a utilização desses programas simultaneamente apresenta uma série de facilidades para a confecção do desenho, como traçado de curvas de nível utilizando Modelos Digitais de Terreno, criação automática de uma malha de coordenadas, elaboração de perfis do terreno, inserção automática de folhas de desenho, rotulação de linhas com azimutes e distâncias, entre outras aplicações.

No desenho devem constar: as feições naturais e/ou artificiais (representados por símbolos padronizados e convenções especificadas nas normas da ABNT) e sua respectiva toponímea; a orientação verdadeira (norte geográfico) e a da quadricula; a data do levantamento; a escala gráfica e numérica; a legenda das convenções utilizadas; o número dos vértices; a distância e o azimute dos alinhamentos (e/ou suas coordenadas UTM); os eixos de coordenadas; a área e o perímetro da poligonal; os responsáveis pela execução do levantamento.

Outra facilidade do CAD é a possibilidade de dividir os elementos em diferentes camadas (*layers*), facilitando o gerenciamento e elaboração do desenho, pois pode-se mostrar apenas as feições que se deseja sem apagar as demais. O desenho pode ser monocromático (em tinta preta) ou policromático (em geral, azul representa hidrografia; vermelho as edificações, estradas, ruas, calçadas e caminhos; verde a vegetação; preto a legenda, malha e toponímea).

12 Aplicações da Topografia na Engenharia Civil

Em termos modernos, a topografia é essencial na engenharia civil para a geração de dados digital ou eletrônicos, os quais serão necessários para a elaboração de um plano de construção eficaz e seguro.

12.1 Construção Civil

A primeira etapa na execução de uma obra em construção civil é o levantamento planialtimétrico do terreno, o qual mostrará sua situação, declives, imperfeições e possíveis necessidades de aterro ou corte. Com o levantamento, o engenheiro pode avaliar se o investimento será viável em relação à expectativa de retorno financeiro.

Na fase de execução da obra, a topografia é de grande importância para se evitar erros e “retrabalho”, sendo utilizada para a demarcação dos limites e o nivelamento do terreno, demarcação do esquadro da obra, locação dos furos de sondagem, estacas, pilares, paredes, nivelamento dos pisos e lajes, entre outros.

Após o término da obra, ela também é necessária para o desenvolvimento de uma planta *as-built* e para a realização de diversas verificações, como o controle de recalques e de movimentações horizontais. De acordo com a ABNT (NBR6122, Projeto e Execução de Fundações, 1996, p.3), “recalque é o movimento vertical descendente de um elemento estrutural. Quando o movimento for ascendente, denomina-se levantamento”. Assim, esse controle é a verificação do desempenho da fundação de uma edificação, o qual permite a observação do comportamento da interação estrutura/solo do conjunto.

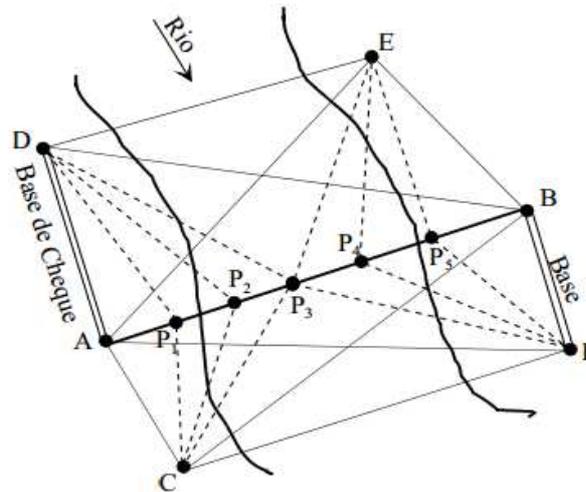
12.1.1 Locação de Obras e Edificações

A locação consiste em tomarmos os dados calculados em escritório, de um determinado projeto de obra, e implantá-los no terreno. Para a locação das estacas, que permitirão a locação dos detalhes da obra, convém elaborar uma planta de detalhes.

Nos levantamentos topográficos para a locação de túneis, deve-se determinar e materializar a direção do eixo nas duas frentes de serviço, bem como a determinar o desnível entre os dois extremos. Dois sistemas podem ser aplicados para a locação dos eixos de túneis: por poligonal (para áreas de relevo mais uniforme) ou por triangulação (indicado para regiões mais acidentadas), e em ambos deve-se utilizar o sistema de coordenadas UTM.

A locação de eixos de pontes é efetuada através do processo da triangulação, controlada a partir de uma ou duas bases, e deve sempre estar amarrada a uma Referência de Nível. Através do comprimento da base medida em campo e dos ângulos internos, a triangulação possibilitará determinar as coordenadas de cada estação e, por fim, as coordenadas dos extremos da ponte, permitindo assim calcular o vão.

A implantação dos pilares de uma ponte pode ser efetuado como mostra a seguir. Sejam A e B os extremos do eixo de uma ponte e os pontos P1, P2, P3, P4 e P5 os pilares que serão locados. Cada ponto pode ser determinado a partir de ambas as margens ou utilizando as interseções melhor conformadas, de modo que os pontos determinados se encontrem todos sobre o mesmo alinhamento, no eixo da ponte.



Exemplo de locação dos pilares de uma ponte.

12.2 Estradas

Reconhecimento da Região

É a primeira fase da escolha do traçado de uma estrada, na qual são detectados os principais obstáculos topográficos, geológicos, hidrológicos e escolhidos os locais para o lançamento de anteprojetos.

Exploração

Nesta fase são realizados estudos detalhados sobre uma ou mais faixas do terreno escolhidas para a estrada (diretriz da estrada), com a utilização de escalas topográficas maiores do que na fase anterior (mais detalhes). Os resultados dos trabalhos fornecem informações sobre a topografia, hidrologia e geologia das faixas escolhidas.

Projeto

Durante a elaboração do projeto final, calculam-se os perfis longitudinais, seções transversais e as tabelas de locação do projeto no campo com o auxílio dos dados topográficos levantados em campo.

Locação Topográfica

Locação é a implantação de marcas no terreno, através de piquetes, para lançar o traçado da poligonal escolhida. A poligonal levantada na fase de exploração recebe a

denominação de Eixo de Exploração ou Poligonal de Exploração e não é necessariamente igual à estabelecida na fase de reconhecimento, pois pode-se encontrar uma mais indicada e ligeiramente afastada da anterior. Esta etapa compreende três operações distintas: Lançamento e estaqueamento da poligonal de exploração; Nivelamento e contranivelamento desta poligonal; Levantamento das seções transversais.

Controle de execução

Os *off-sets* da estrada devem ser verificados, após a locação desse eixo, através do nivelamento dos piquetes correspondentes com o uso das referências de nível. Medem-se as distâncias entre os *off-sets* e o eixo da estrada e, havendo discrepância entre esse resultado e o especificado no projeto, a marcação deve ser repetida e novamente verificada.

12.3 Aeroportos

Após a escolha do local em que será implantado o aeroporto, deve-se realizar o levantamento plani-altimétrico do terreno e áreas adjacentes, a fim de representar a situação. A partir destes dados, o engenheiro escolhe a região com o melhor traçado para as pistas.

Como em toda obra de engenharia, após a elaboração dos projetos a topografia é utilizada para a locação de pontos que irão servir como referência para a execução da obra. Ela também será utilizada para o nivelamento das áreas que serão ocupadas (como o terminal de passageiros, de cargas, vias de acesso, pátio e área de espera) e para o controle permanente das pistas.

12.4 Hidrologia

Nos trabalhos hidrográficos, os levantamentos topográficos são efetuados para a obtenção da posição de pontos em leitos de água, tais como rios, lagos, lagoas e ambientes oceânicos. O principal intuito é determinar a morfologia do fundo desses ambientes para a construção de cartas náuticas e para a planificação e controle de projetos de engenharia, tais como pontes, túneis, barragens, portos, entre outros. Consiste, também, na determinação da variação do nível d'água em um reservatório ou em um curso d'água. Dentre os métodos utilizados para estes levantamentos destacam-se a hidrometria e a batimetria.

A partir desse levantamento, visa-se a obtenção da planta topográfica da região, a qual possibilitará o estudo do potencial hidráulico, das bacias de acumulação e do controle de cheias. Essa planta também é necessária para a locação e o nivelamento de canais de irrigação e para a locação e controle na construção de barragens.

12.5 Portos

A elaboração da planta topográfica da região em que será construído o complexo portuário deve ser feita a partir dos métodos citados no subcapítulo anterior. Os dados obtidos a partir desse levantamento serão utilizados não só para a elaboração dos projetos necessários, mas também em todas as outras etapas da obra.

Após a elaboração dos projetos, deverá ser feita a locação de todos os elementos importantes para a execução da obra portuária, como ancoradouros, docas, cais, pontes de acostagem, armazéns, outras edificações em geral, vias de acesso, entre outros. A topografia também será utilizada no controle das marés e no estudo de canais.

12.6 Loteamentos

O lote significa “terreno servido de infraestrutura básica cujas dimensões atendam aos índices urbanísticos definidos pelo plano diretor ou lei municipal para a zona em que se situe” (6.766/79, art. 2º, inciso 4º). A legislação compreende loteamento como o resultante da subdivisão de uma gleba em lotes, voltados a suprir as necessidades humanas de edificação em conformidade à infraestrutura considerada básica. Ele deve se adequar à topografia local e aos índices urbanísticos de parcelamento e ocupação do solo de acordo com os coeficientes de aproveitamento definidos nos planos diretores municipais.

Alguns insumos considerados básicos e necessários para a elaboração do projeto geométrico dos loteamentos são: base topográfica confiável em escala adequada (1:1000 ou 1:500), com curvas de nível de metro em metro e visita de campo para verificação, mesmo que a olho nu, das feições topográficas (linhas de drenagem, taludes e cortes já existentes).

12.7 Planejamento Urbano

As plantas e cartas topográficas de uma região urbana são necessárias para estudar e planejar a direção das vias, o tráfego, áreas industriais (controle da poluição e de resíduos), comerciais, residenciais (altura das edificações, afastamento das vias, insolação), de lazer e recreação (parques, jardins, praças, museus), distribuição de escolas, hospitais, postos de saúde.

12.8 Perícias

A perícia é um tipo de prova admitida ao longo do processo judicial, prevista no Código de Processo Civil, nos artigos 420 a 439, necessária quando a comprovação do fato carecer de conhecimento técnico ou científico, nos termos do artigo 145, que prevê que a averiguação deve ser realizada por técnico habilitado. Para fazer a avaliação jurídica de uma propriedade, estimando preço de venda e valores de tributação, a planta de situação do terreno e do imóvel é essencial.

Bibliografia

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6492: **Representação de Projetos de Arquitetura**. Rio de Janeiro, 1994. 27p

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13133: **Execução de levantamento topográfico**. Rio de Janeiro, 1994. 35p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6122: **Projeto e Execução de Fundações**. Rio de Janeiro, 1996. 33p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 14166: **Rede de Referência Cadastral Municipal - Procedimento**. Rio de Janeiro, 1998. 23p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15777: **Convenções topográficas para cartas e plantas cadastrais**. Rio de Janeiro, 2009. 23p.

BRANDALIZE, Maria Cecília Bonato. **Apostila de Topografia**. Pontifícia Universidade Federal do Paraná (PUC-PR). Disponível em: <<http://www2.uefs.br/geotec/apostilas.htm>> Acesso em: 19 de julho de 2013.

CORRÊA, Iran Carlos Stalliviere. **Apostila de Topografia Aplicada à Engenharia Civil**. 13 edição, 2012, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Disponível em: <http://www.ufrgs.br/igeo/departamentos/geodesia/trabalhosdidaticos/Topografia_Aplicada_A_Engenharia_Civil/Apostila/TopoAplicada_2012.pdf>. Acesso em: 19 de julho de 2013.

NADAL, Carlos Aurélio. **Nivelamento Geométrico**. Universidade Federal do Paraná, Departamento de Geomática. Disponível em: <<http://www.cartografica.ufpr.br/docs/nadal%20-%20topo%20d/Nivelamento%20geom%C3%A9trico.pdf>>. Acessado em: 19 de julho de 2013.

VEIGA, Luis Augusto Koenig; ZANETTI, Maria Aparecida Zehnpfennig; FAGGION, Pedro Luis. **Fundamentos de Topografia**. 2007, Universidade Federal do Paraná, Engenharia Cartográfica e de Agrimensura.

VEIGA, Luis Augusto Koenig; ZANETTI, Maria Aparecida Zehnpfennig; FAGGION, Pedro Luis. **Fundamentos de Topografia**. 2012, Universidade Federal do Paraná, Engenharia Cartográfica e de Agrimensura.

VIEIRA, Sálvio José. **Transdisciplinaridade Aplicada à Gestão Ambiental de Unidade de Conservação. Estudo de Caso: Manguezal do Itacorubí. Florianópolis/SC, Sul do Brasil**.

Florianópolis, 2007. 292p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

Websites:

<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2012/artigos/104231.pdf>

<http://www.esteio.com.br/downloads/2008/sirgas2000.pdf>

http://www.geografiaparatodos.com.br/index.php?pag=capitulo_3_geoprocessamento_e_mapas

<http://www.ibge.gov.br>

<http://www.scribd.com/doc/85541482/5-3-5-Precisao-Nominal-Aula4>

<http://www.transportes.ufba.br/Arquivos/ENG305/UFBA%20-%20Aula%2006%20-%20Estudos%20Preliminares%20Topogr%C3%A1ficos%20-%20reconhecimento-explora%C3%A7%C3%A3o-loca%C3%A7%C3%A3o.pdf>

http://www.ufrb.edu.br/joanito/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=68&Itemid=27

http://www.ufrgs.br/engcart/Teste/refer_exp.html