

TOPOGRAFIA I

AUTORIA

PROFº DRº ENGº CLÁUDIO CESAR ZIMMERMANN

AUXÍLIO DE DESENVOLVIMENTO, EDIÇÃO, ADAPTAÇÃO E REVISÃO

CARLOS EDUARDO KUCHNIER

COLABORAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO

MSc. ENGº SÁLVIO JOSÉ VIEIRA

BOLSISTAS DO PET/ECV – UFSC

CONCEITOS GERAIS E PLANIMETRIA

UMA ABORDAGEM GERAL SOBRE OS CONCEITOS, CÁLCULOS E
MÉTODOS UTILIZADOS EM GEORREFERENCIAMENTO E SUAS
APLICAÇÕES À PLANIMETRIA



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

TOPOGRAFIA I: CONCEITOS GERAIS E PLANIMETRIA

UMA ABORDAGEM GERAL SOBRE OS CONCEITOS, CÁLCULOS E
MÉTODOS UTILIZADOS EM GEORREFERENCIAMENTO E SUAS
APLICAÇÕES À PLANIMETRIA

AUTORIA

PROFº DRº ENGº CLÁUDIO CESAR ZIMMERMANN

AUXÍLIO DE DESENVOLVIMENTO, EDIÇÃO, ADAPTAÇÃO E REVISÃO

CARLOS EDUARDO KUCHNIER

COLABORAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO

SERVIDOR TECNICO DO ECV/UFSC: MSc ENGº SÁLVIO JOSÉ VIEIRA

BOLSISTAS DO PET/ECV: CAMILE LUANA KAESTNER

EDUARDO DEUSCHLE

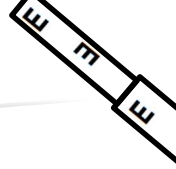
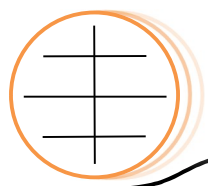
RENATO P. AROSTEGUY
OSTROWSKI

ÁRINA BRUGNAGO BRIDI

JULIANA VIEIRA DOS SANTOS

LUCIANO LOPES BERTACCO

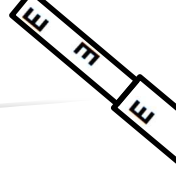
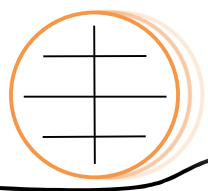
PAULO SÉRGIO DOS SANTOS



SUMÁRIO

CONCEITOS GERAIS

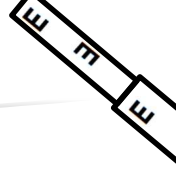
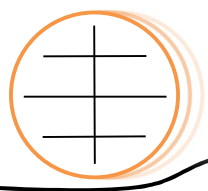
| | | |
|--------|---|----|
| 1 | Introdução – Princípios e conceitos básicos em topografia | 6 |
| 1.1 | Definição..... | 8 |
| 1.2 | Objetivos da topografia..... | 9 |
| 1.3 | Divisões e Aplicações..... | 10 |
| 1.4 | Termos, conceitos e equipamentos básicos..... | 12 |
| 1.4.1 | Planimetria e Altimetria | 12 |
| 1.4.2 | Pontos Topográficos | 12 |
| 1.4.3 | Marcos Topográficos (ou Geodésicos)..... | 14 |
| 1.4.4 | Monumentos Topográficos..... | 14 |
| 1.4.5 | Global Navigation Satellite System | 15 |
| 1.4.6 | Referências Magnéticas..... | 16 |
| 1.4.7 | Referências Verdadeiras (ou Geográficas)..... | 17 |
| 1.4.8 | Teodolito | 18 |
| 1.4.9 | Estação Total | 20 |
| 1.4.10 | Nível Topográfico | 20 |
| 1.4.11 | Luneta | 21 |
| 1.4.12 | Receptor de Sinal GNSS..... | 22 |
| 1.4.13 | Demais acessórios usados em um Levantamento Topográfico .. | 23 |
| 1.5 | Topografia e Geodésia | 24 |
| 1.6 | Formas da Terra..... | 25 |
| 1.6.1 | Modelo Real | 25 |
| 1.6.2 | Modelo Geoidal | 25 |
| 1.6.3 | Modelo Elipsoidal | 26 |
| 1.6.4 | Modelo Esférico | 27 |
| 1.7 | Geóide, elipsóides de referênci e termos usuais (DATUM E SAD) ... | 29 |
| 1.8 | O histórico do georreferenciamento no Brasil..... | 31 |
| 1.9 | Os parâmetros de referência do sistema SIRGAS2000 | 33 |
| 1.10 | Altura, Altitude e Variação de Altitude (Ondulação)..... | 35 |



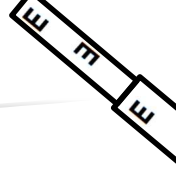
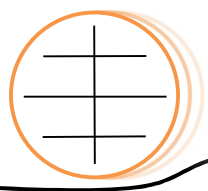
| | | |
|--------|--|----|
| 1.10.1 | Altura e Altitude..... | 35 |
| 1.10.2 | Os tipos de Altitude..... | 36 |
| 1.10.3 | Ondulação Geoidal..... | 37 |
| 1.11 | A esfera celeste e seus componentes..... | 39 |

PLANIMETRIA

| | | |
|---------|--|----|
| 2 | Ângulos | 41 |
| 2.1 | Ângulos Verticais..... | 41 |
| 2.2.1 | Ângulo Zenital | 41 |
| 2.1.2 | Ângulo Nadiral..... | 41 |
| 2.1.3 | Inclinação | 43 |
| 2.2 | Ângulos Horizontais..... | 44 |
| 2.2.1 | Ângulos Internos | 45 |
| 2.2.2 | Ângulos Externos | 46 |
| 2.2.3 | Ângulos de Deflexão | 47 |
| 2.2.4 | Ângulos de Orientação..... | 49 |
| 2.2.4.1 | Azimute..... | 50 |
| 2.2.4.2 | Rumo..... | 51 |
| 2.3 | Relação entre os ângulos horizontais..... | 52 |
| 2.3.1 | Relação entre Azimute e Rumos | 53 |
| 2.3.2 | Relação entre Azimute e Deflexão..... | 53 |
| 3 | Medidas de distâncias horizontais | 53 |
| 3.1 | Metodologia | 53 |
| 3.1.1 | Reconhecimento do Terreno: Poligonal | 54 |
| 3.2 | Métodos de Levantamento da Poligonal | 56 |
| 3.2.1 | Levantamento por Irradiação | 56 |
| 3.2.2 | Levantamento por Interseção..... | 57 |
| 3.2.3 | Levantamento por caminhamento..... | 58 |
| 3.3 | Marcos e RNs..... | 59 |
| 3.4 | Croqui..... | 60 |



| | | |
|---------|---|----|
| 4 | Projeções Cartográficas e Sistemas de Coordenadas | 61 |
| 4.1 | Tipos de Projeções..... | 63 |
| 4.1.1 | Projeção Plana ou Azimutal e Plana Polar | 63 |
| 4.1.2 | Projeção Cônica e Projeção Cônica de Albers | 64 |
| 4.1.3 | Projeção Cilíndrica e Projeção Cilíndrica de Peters | 65 |
| 4.2 | Coordenadas Geográficas e Geodésicas | 66 |
| 4.3 | Coordenadas Retangulares..... | 72 |
| 4.3.1 | Coordenadas Cartesianas..... | 72 |
| 4.3.2 | Coordenadas Topográficas Locais..... | 72 |
| 4.3.3 | Coordenadas UTM | 73 |
| 4.3.3.1 | Fator de Correção / Escala K..... | 80 |
| 4.3.3.2 | Sistemas Derivados das Coordenadas UTM | 82 |
| 5 | Magnetismo Terrestre..... | 84 |
| 5.1 | Polos Magnéticos e Polos Geográficos | 85 |
| 5.2 | Declinação Magnética e Convergência Meridiana..... | 86 |
| 5.2.1 | Variações geográficas..... | 88 |
| 5.2.2 | Variações anuais..... | 89 |
| 5.2.3 | Variações locais e acidentais | 90 |
| 5.2.4 | Cartas Magnéticas – Variações e Cálculos..... | 90 |
| 6 | Levantamentos Topográficos..... | 92 |
| 6.1 | Definição..... | 92 |
| 6.2 | Tipos de Levantamentos Topográficos..... | 92 |
| 6.2.1 | Levantamento Planimétrico | 92 |
| 6.2.2 | Levantamento Altimétrico | 93 |
| 6.2.3 | Levantamento Planialtimétrico | 93 |
| 6.2.4 | Levantamento Cadastral | 93 |
| 7 | Aparelhos..... | 94 |
| 7.1 | Teodolito..... | 94 |
| 7.1.1. | Roteiro de Instalação do Teodolito..... | 95 |
| 7.1.2. | Procedimento de leitura: | 97 |



| | | |
|------|--|-----|
| 7.2 | Estação Total..... | 98 |
| 7.3 | GPS – RTK (Real Time Kinematic) | 99 |
| 8 | Métodos de Medição de Ângulos Horizontais..... | 101 |
| 8.1 | Simplex..... | 101 |
| 8.2 | Zeragem | 102 |
| 8.3 | Repetição | 102 |
| 8.4 | “Método Cláudio” | 104 |
| 8.5 | Reiteração | 104 |
| 9 | Erros angulares e retificação | 106 |
| 9.1 | Verificação retificação do teodolito..... | 109 |
| 10 | Obtenção de Medidas Horizontais da Poligonal e cálculos úteis..... | 111 |
| 10.1 | Cálculo da Distância entre Dois Vértices..... | 111 |
| 10.2 | Lei dos cossenos..... | 112 |
| 10.3 | Erro linear máximo | 112 |
| 10.4 | Fórmula do semi-perímetro para cálculo de área..... | 112 |
| 11 | Referências Bibliográficas | 113 |

CONCEITOS GERAIS

1 INTRODUÇÃO – PRINCÍPIOS E CONCEITOS BÁSICOS EM TOPOGRAFIA

Qual seu entendimento, leitor, a respeito do que é e do que trata a topografia? É sobre fazer as medições de um terreno? Ou ainda, quem sabe, fazer a locação e escritura de determinado imóvel ou coisa do tipo? Bom, quase isso, ou ainda, talvez isso e muito mais: é o que será possível observar ao longo desta apostila, que traz consigo conceitos gerais sobre topografia – desde o que é e como funciona – até às suas aplicações em planimetria. Pronto? Vamos lá!

Primeiramente imagine um terreno no qual você, leitor, deseja construir uma casa. Um dos pontos essenciais para início de projeto é o conhecimento do terreno, incluindo as propriedades do solo 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.

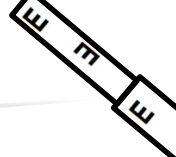

IMAGEM 1 – O PROJETO ADAPTADO AO TERRENO



Fonte: <https://br.pinterest.com/pin/384354149422001572/>

Acesso em 29/08/2020, 17:04h.

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 haveriam discordâncias em 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).

Observe abaixo a definição do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) de acordo com a Norma Técnica Brasileira 13.133:

O SGB é “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 - p. 5).



1.1 Definição

Por definição, a Topografia é a “ciência aplicada que determina o contorno, as dimensões, a altura de pontos em relação a uma Referência de Nível (RN), 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”, de acordo com a fala de Cláudio Cesar Zimmermann, professor adjunto do departamento de engenharia da Universidade Federal de Santa Catarina.

Lelis Espartel, autor do livro “Curso de Topografia”, afirma:

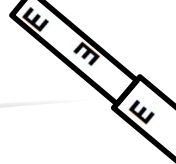
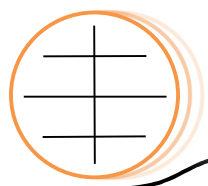
“A Topografia é uma ciência aplicada, baseada na Geometria e na Trigonometria, de âmbito restrito, pois é um capítulo da Geodésia, que tem por objeto o estudo da forma e dimensões da Terra.” (ESPARTEL, LÉLIS. Curso de Topografia, 1978, p. 3 – Ed. Globo).

Atualmente, com o avanço tecnológico, os equipamentos topográficos tornaram-se mais eficazes e “globais” quando comparados aos utilizados no século XX, alterando, sobremaneira, este conceito. É possível então, atualmente, afirmar que a Topografia não é mais pontual (parcelar), mas sim globalizada. Em sua ampla divisão, existem diversas ciências correlatas, cada qual dedicando-se a uma finalidade específica na realização do estudo de seu objeto.

Dentro desta seara, a denominação Levantamento Topográfico refere-se à atividade realizada em campo que visa coletar dados para posterior representação do terreno e seus detalhes. Já o Nivelamento é a operação de altimetria utilizada para obter as distâncias verticais entre planos horizontais, através de cotas ou altitudes.

Observe a seguir as principais regulamentações a serem observadas e seguidas em levantamentos e/ou operações que envolvam topografia:

- **NBR 13.133:** Os padrões que regem e regulamentam os procedimentos de levantamento topográfico e nivelamentos estão descritos na NBR 13.133. Destacam-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, como cálculos e aceitação de erros. Os tópicos aqui citados são tratados em capítulos individuais.
- **NBR 14.166:** As diretrizes para a elaboração e a atualização de plantas cadastrais municipais são estabelecidas pela NBR 14.166, 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.

- **NBR 15.777:** esta norma estipula os procedimentos a serem aplicados na elaboração de mapeamentos, cartas e plantas cadastrais e a padronização de simbologia aplicável.

Todos os processos descritos nesta apostila são baseados nas normas supracitadas e na bibliografia publicada sobre o assunto, sempre visando a redução de erros de medição e proporcionando um trabalho de campo e escritório mais eficiente.

1.2 Objetivos da topografia

De acordo com o Professor Dr^o Cláudio Cesar Zimmermann, autor desta apostila, *“A Topografia tem, por objetivo, levantar dados em “campo” para 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 assim a área, a representação do relevo e posição relativa da mesma. Outro objetivo da topografia é também representar rios, lagos, lagoas, interiores de minas e túneis, sendo tudo isso possível através da determinação (medição) de ângulos e distâncias e/ou coordenadas (planas e altitudes ou cotas). Por fim, seu objetivo final é proporcionar um desenho em projeção horizontal de um desenho que seja a reprodução fiel e expressiva da área do terreno estudado”*.

Em algumas poucas palavras, pode-se resumir então que a topografia tem por objetivo a definição de 3 dados principais: Localização, área e altitude de determinado espaço no globo terrestre.



1.3 Divisões e aplicações

Usualmente, é comum dividir-se a Topografia em Topometria e Topologia.

Observe essas duas divisões e suas peculiaridades abaixo:

- **Topometria:** trata da determinação das medidas e localização de pontos, detalhes, alinhamentos e cotas, ou seja, da obtenção de dados e medidas capazes de descrever a superfície que se está estudando. A topometria é dividida em:
 - **Planimetria**, que se ocupa da medição de pontos na superfície terrestre projetados em um plano de referência horizontal;
 - **Altimetria**, que trata de determinar as cotas e diferenças de níveis de pontos na superfície, utilizando-se de vários métodos).
- **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.

Por fim, observe que a Topografia é aplicada em várias situações, como por exemplo cadastros latifundiários e levantamento de relevos, controles de recalque, batimetria, locação de obras etc., servindo assim de base para qualquer projeto de Engenharia e/ou Arquitetura.

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).

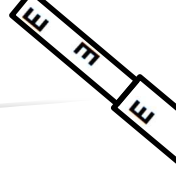
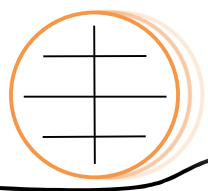
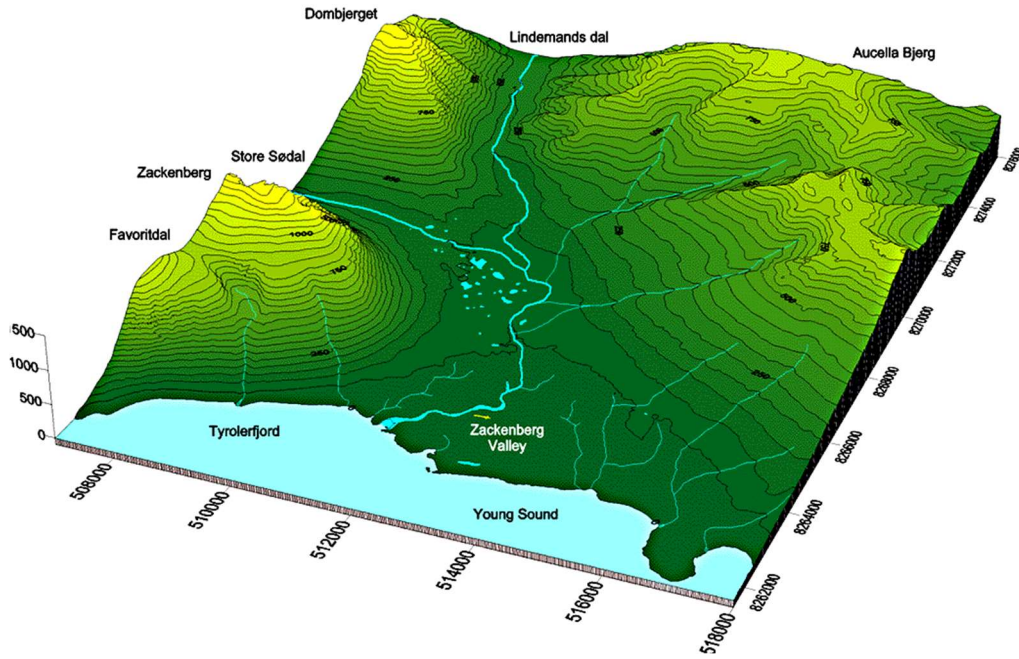


IMAGEM 2 – TERRENO MODELADO COM CURVAS DE NÍVEL



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

Acesso em 29/08/2020, 21:18h.



1.4 Termos, conceitos e equipamentos básicos

Ao longo desta apostila será possível observar que alguns termos serão muito usados ao tratar-se de vários conceitos adversos relativos à topografia como um todo e, sendo assim, os mais usados deles estão listados abaixo:

1.4.1 Planimetria e Altimetria

Durante um levantamento topográfico dois conceitos são envolvidos inicialmente: o conceito de planimetria e o conceito de altimetria. Os dois são, basicamente, o seguinte:

- **Planimetria:** refere-se ao conceito de obter dados relativos ao plano horizontal de um espaço, ou seja, medidas de comprimento, ângulos horizontais, etc.;
- **Altimetria:** refere-se ao conceito de obter dados relativos ao plano vertical de um espaço, ou seja, medidas, ângulos verticais, alturas, etc.

1.4.2 Pontos Topográficos

São os pontos usados para georreferenciar um determinado local ou fazer a demarcação do mesmo no globo terrestre. Existem alguns pontos com nomes específicos devido às suas aplicações, sendo alguns deles:

- **Ponto de estação:** é o ponto sobre o qual é colocado o aparelho utilizado para fazer as visadas durante um levantamento topográfico;
- **Ponto Ré:** é o ponto cuja localização está no sentido contrário ao caminhamento do levantamento topográfico, ou seja, um ponto o qual já foi visado;
- **Ponto Vante:** é o ponto cuja localização está à frente do caminhamento do levantamento topográfico, ou seja, um ponto o qual será visado;

Os pontos topográficos são materializados através de tacha ou prego cravado em um piquete de madeira ou através da marcação de um pequeno ponto em uma chapa metálica (geralmente de chumbo) cravada sobre um marco de concreto. Os pontos em piquetes de madeira são geralmente usados para fins de treinamento, e os pontos em marcos de concreto para fins de trabalhos reais.

É importante ressaltar que as chapas metálicas contendo pontos topográficos são protegidos por lei, e sua destruição implica no cometimento de um crime.

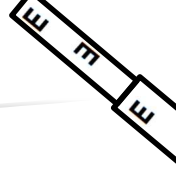
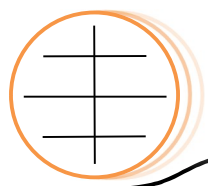


IMAGEM 3 – PIQUETE DE MADEIRA COM PONTO TOPOGRÁFICO DETERMINADO ATRAVÉS DE UM PREGO



Fonte: <https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2013/03/aula-topo-5-instrumentos-de-topografia.pdf> - Figura 2 (Piquetes marcados no terreno)

Acesso em 25/09/2020, 20:25h

IMAGEM 4 – PONTO TOPOGRÁFICO FEITO EM CHAPA METÁLICA DE CHUMBO



Fonte: <https://www.slideshare.net/martinsneto332/aula-03-topografia-ufpi-20181> - Slide nº 8

Acesso em 25/09/2020, 20:30h

1.4.3 Marcos Topográficos (ou Geodésicos)

Os marcos Topográficos ou Geodésicos são as bases de concreto nas quais os pontos topográficos são fixados. O termo Marco Topográfico também pode se referir a um ponto topográfico juntamente a sua base, ambos pertencentes a um sistema geodésico de grande porte (no Brasil, o SIRGAS 2000). Tais marcos são utilizados para fazer a amarração de outros pontos em relação a si.

1.4.4 Monumentos Topográficos

A monumentalização é o ato de construir uma estrutura para evidenciar quaisquer que sejam os pontos topográficos (sendo eles marcos ou não). Os monumentos geralmente são estruturas em forma de obeliscos feitos em concreto e, assim como as chapas metálicas de pontos topográficos, são protegidos por lei.

IMAGEM 5 – PONTO TOPOGRÁFICO FEITO EM CHAPA METÁLICA DE CHUMBO PRESO A UM MONUMENTO TOPOGRÁFICO EM FORMA DE OBELISCO



Fonte: <http://www.catolicasc.org.br/arquivosUpload/5388715351369420286.pdf> - Figura 1 a)

Acesso em 25/09/2020, 20:30h



1.4.5 Global Navigation Satellite System

De acordo com o trecho obtido do site do IBGE, “O Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS) refere-se à constelação de satélites que possibilita o posicionamento em tempo real de objetos, bem como a navegação em terra ou mar. Esses sistemas são utilizados em diversas áreas, como mapeamentos topográficos e geodésicos, aviação, navegação marítima e terrestre, monitoramento de frotas, demarcação de fronteiras, agricultura de precisão, entre outros usos.”

Dentro do Sistema GNSS estão os sistemas:

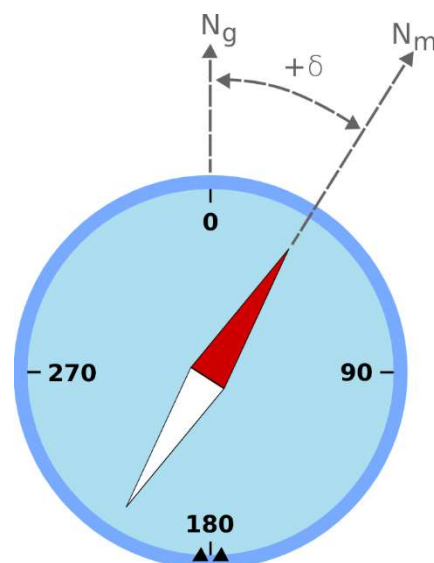
- **GPS;**
- **NAVSTAR-GPS** (Desenvolvido e controlado pelo Dept. de Def. EUA)
- **GLONASS** (Sistema Global de Posicionamento por satélites Russo);
- **Galileo** (Des. na comunidade europeia através de iniciativa civil);
- **BeiDou/BDS** (Também chamado de Compass foi desenvolvido e é operado pela China).

1.4.6 Referências Magnéticas

Como é possível observar, o georreferenciamento do planeta Terra é feito, na maioria dos casos, com base no magnetismo terrestre. Bons exemplos disso são as bússolas, que devido às interações eletromagnéticas, apontam sempre para o Norte Magnético do globo terrestre. Alguns conceitos relativos ao magnetismo terrestre são:

- **Meridiano Magnético:** é um meridiano que toma como base as interações magnéticas do planeta Terra. Não é paralelo ao meridiano verdadeiro e sua direção não é constante, porém, ainda assim, ele é usado como uma referência constante durante um levantamento topográfico;
- **Norte Magnético:** é a direção norte de um Meridiano Magnético. Tal direção é mostrada pela agulha de uma bússola imantada;
- **Declinação Magnética:** é o ângulo formado entre o Norte Magnético e o Norte Geográfico. Como o Norte Magnético é variável, a Declinação Magnética também é.

IMAGEM 6
DECLINAÇÃO MAGNÉTICA



Fonte:
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c2/Magnetic_declination.svg

Acesso em 05/09/2020, 16:30h



1.4.7 Referências Verdadeiras (ou Geográficas)

Ao contrário das Referências Magnéticas, essas referências são dadas com base em observações astronômicas, e algumas delas estão listadas a seguir:

- **Meridiano Verdadeira:** é basicamente o plano de meridiano geográfico definido através de observações astronômicas. Sua direção é sempre a mesma, sendo assim, invariável independentemente do tempo;
- **Norte Verdadeiro:** é a direção tomada à superfície da terra que aponta diretamente ao Polo Norte Geográfico. Apesar de apontarem quase que para a mesma direção, o Norte Magnético e o Norte Geográfico possuem um ligeiro deslocamento um em relação ao outro;

1.4.8 Teodolito

Um teodolito é um, como consta no dicionário, definido como um *“instrumento de precisão para medir ângulos horizontais e ângulos verticais, muito empr. em trabalhos geodésicos e topográficos”* (Oxford Languages).

Basicamente, um teodolito é, em essência, um telescópio com movimentos graduados na vertical e na horizontal, e montado sobre um tripé centrado (norteador) e verticalizado, podendo possuir ou não uma bússola incorporada. Atualmente, existem vários tipos de modelos de teodolitos, e cada um possui maiores ou menores funcionalidades, dependendo do uso aos quais serão aplicados. Um teodolito é constituído por diversos componentes e possui menos funcionalidades quando comparado a uma estação total.

Atualmente existem basicamente dois tipos de teodolito: os digitais (mais modernos) e os analógicos, que são mais antigos. Uma classificação mais apurada desses aparelhos pode também ser feita em:

- **Repetidores:** guardam medidas sucessivas de ângulos e distâncias;
- **Direcionais:** possuem uma parte fixa, então só são móveis em uma direção;
- **Bússola:** possui uma bússola integrada no equipamento, como o próprio nome já diz;
- **Eletrônicos:** são os melhores tipos de teodolito, já que os mesmos incorporam todas as características de leitura de ângulos e distâncias.

Observe ainda que a classificação acima é somente uma categorização, pois existem teodolitos eletrônicos e repetidores, bússola e direcionais, etc.

IMAGEM 7
TEODOLITO DIGITAL



Fonte:
<https://www.geotrackconsultoria.com.br/produto/272-teodolito-eletronico-dboim-dgt2gld>

Acesso em 05/09/2020, 17:55h

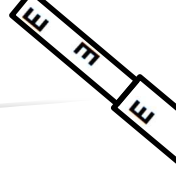
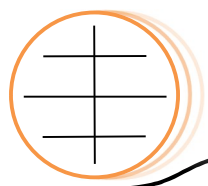


IMAGEM 8

COMPONENTES DE UM TEODOLITO E SUAS FUNÇÕES

| Componente: | Função: |
|---|---|
| Contrapeso | Serve para proporcionar o equilíbrio do instrumento, com a compensação de peso da luneta superior e do círculo vertical. |
| Limbo ou círculo horizontal e vertical | Região onde se encontra as graduações e as divisões angulares do instrumento. |
| Luneta | Aplicado na observação de imagens e objetos a uma determinada distância. Ela é composta de um tubo e três lentes: uma objetiva (com capacidade de convergir a maior radiação solar possível para o aparelho observa ângulos em grande distância focal), uma lente analisadora (aplicado para focar a imagem) e um ocular (para a ampliação do foco das lentes objetivas). |
| Lupas oculares | Instrumento aplicado para a ampliar o foco e a visão das marcações do limbo e aumentar a precisão das medidas dos ângulos. |
| Nível de bolha | Utilizado a mostrar o nivelamento em relação ao objeto. Para saber o nivelamento é necessário observar se a bolha está em cima do marcador. A manipulação dos tripés proporcionam a regulação do nível de bolha. |
| Nônio | Sistema de regulação micrométrica adaptado ao limbo para aquisição de medidas de pequenos ângulos. |
| Tripé regulável | Estrutura para escorar toda a estrutura do teodolito com a possibilidade de regulação. |
| Vidro despolido | Material desenvolvido para a minimização da intensidade da intensidade luminosa solar e facilitar a leitura do limbo graduado. |

Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Teodolito> (editada)

Acesso em 05/09/2020, 18:00h

1.4.9 Estação Total

Também chamada de taqueômetro, uma estação total é um dispositivo que representa o que há de mais moderno e avançado em termos de levantamento topográfico. Com muitas semelhanças a um teodolito, sua finalidade é basicamente a mesma: colher dados em campo. Porém, a estação total é capaz de armazenar os dados recolhidos e executar alguns cálculos mesmo em campo. Existem inúmeros modelos de estação total e, no geral, são muito parecidas no quesito operacionalidade.

IMAGEM 9
ESTAÇÃO TOTAL



Fonte:
<https://www.cpetecnologia.com.br/produto/611/gt2i-10h>

Acesso em 05/09/2020, 18:10h

1.4.10 Nível Topográfico

Esse instrumento tem por objetivo a medição de desníveis entre pontos que estão a distintas distâncias ou trasladar a cota de um ponto conhecido a outro desconhecido. Existem os Níveis Ópticos (mais simples) e os digitais (mais modernos), e suas aplicações são, basicamente, as mesmas, porém os Níveis Topográficos Digitais possuem mais funcionalidades (podendo ser comparados a uma estação total).

IMAGEM 10
NÍVEL TOPOGRÁFICO ÓPTICO



Fonte:
<https://www.xpex.com.br/categoria-produto/nivel-topografico/>

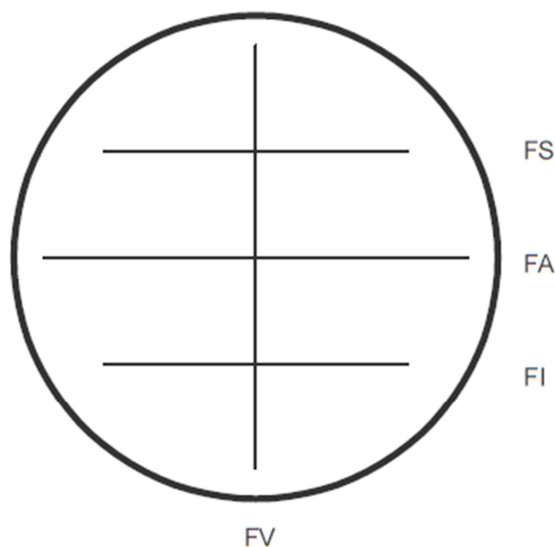
Acesso em 05/09/2020, 18:43h

1.4.11 Luneta

Componente mais importante de um aparelho teodolito, estação total, ou até mesmo de alguns tipos de Nível Topográfico, a luneta possui alguns traços internos, os quais chamamos de fios estadimétricos, que são extremamente importantes para as leituras em campo durante um levantamento topográfico.

Observe a Imagem 11 abaixo:

IMAGEM 11 – REPRESENTAÇÃO DOS FIOS ESTADIMÉTRICOS



Créditos: Carlos Eduardo Kuchnier

Na Imagem 11, acima, tem-se que:

FS = fio estadimétrico superior;

FA = fio estadimétrico axial ou central;

FI = fio estadimétrico inferior;

FV = fio estadimétrico vertical.

1.4.12 Receptor de sinal GNSS

É um aparelho receptor de sinal GNSS para geolocalização muito parecido com uma antena. Pode ou não ser usado durante Levantamentos Topográficos.

IMAGEM 12
RECEPTOR DE SINAL GNSS



Fonte:
<http://topomapmg.com.br/shop/receptor-gnss-l112-topcon-hiper-ii/>

Acesso em 05/09/2020, 19:30h



1.4.13 Demais acessórios usados em um Levantamento Topográfico

Dentre os acessórios mais comuns de serem utilizados durante um levantamento topográfico, estão os listados abaixo:

- **Baliza Topográfica:** também chamada de régua topográfica, é utilizada para medir as alturas com exatidão e possuem um design não tão convencional quanto as réguas comuns;
- **Prisma Refletor:** é usado para refletir o feixe de laser da estação total ou do teodolito, indicando assim a distância aparelho-prisma;
- **Trena:** utilizada para medir distâncias.
- **Tripé:** é o suporte no qual o aparelho é apoiado na parte de cima. Um tripé possui toda uma técnica para seu estabelecimento no terreno bem como nivelamento para que o aparelho fique totalmente alinhado com o eixo horizontal do solo.



1.5 Topografia e geodésia

Por definição, a Topografia é encarregada da obtenção e representação de dados relativos à superfície terrestre em um plano horizontal de referência. Tal tratamento acarreta, porém, alguns inconvenientes à exatidão e à veracidade do modelo de superfície gerado por um levantamento topográfico comum.

Como poderá ser observado adiante, a superfície terrestre, por sua própria natureza, não pode ser representada por modelos matemáticos precisos, mesmo porque a mesma trata-se de algo que se aproxima a um elipsóide 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 e, portanto, teoricamente seria desconsiderada a curvatura terrestre.

Em 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 e este, portanto, costumava ser o objetivo da Geodésia.

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

É comum também nomear o todo como Geodésia, dividindo-a 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. Mais à frente, poderá observar-se 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, remetem 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.

1.6 Formas da terra

Qual o formato da terra para você? Redondo, esférico (...) ? Bom, não é bem assim que funciona. Ao longo dos anos o planeta terra teve seu formato investigado e, foi possível observar que, diferente do que se pensava até então e alguns pensam até hoje, seu formato não é contínuo e muito menos circular. Alguns modelos do formato terrestre desenvolvidos até a atualidade e, outros, não. Abaixo estão os formatos mais utilizados do planeta terra e alguns por quês de suas existências e suas importâncias para a topografia.

1.6.1 Modelo Real

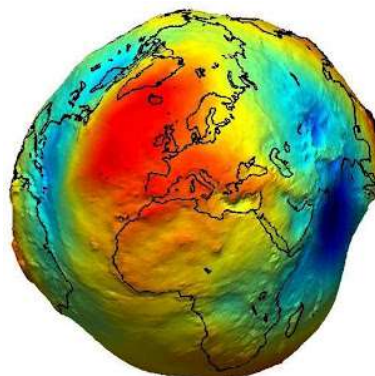
O Modelo Real foi criado para representar a superfície da Terra exatamente como ela é. No entanto, devido à irregularidade da superfície, este modelo não dispõe, até o momento, de definições matemáticas adequadas à sua representação. Trata-se de um modelo de difícil representação, que não é completo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

1.6.2 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 é constante para todos os seus pontos.

O geóide é, em termos curtos, o formato ideal do globo terrestre.

IMAGEM 13
O MODELO GEOIDAL



Fonte:
<https://www.redocol.com.br/2011/03/terra-nao-e-redonda-e-um-geoide-de.html>

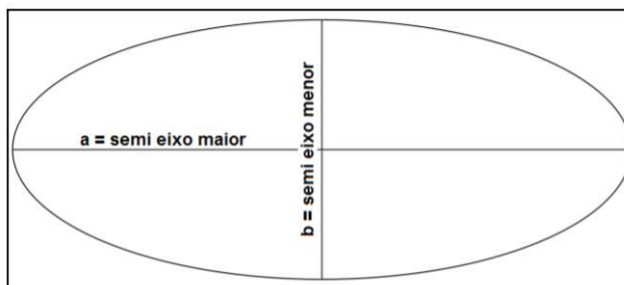
Acesso em 30/08/2020, 18:45h

1.6.3 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 elipsóide de revolução. As figuras são utilizadas para Elipsóides de Referência, que servem de base para um sistema de coordenadas de latitude (norte/sul), longitude (leste/oeste) e elevação (altura). O modelo elipsoidal é o modelo que pode ser expresso matematicamente que mais se aproxima do geóide.

Visando diminuir erros, cada região adota um elipsóide que mais se adapte ao relevo local. Com isso, hoje em dia existem grandes quantidades de elipsóides em utilização, e seus usos dependem do continente ou mesmo o país em questão.

IMAGEM 14
O MODELO ELIPSOIDAL



Fonte:

Apostila "ESPECIFICAÇÃO PARA PRODUÇÃO DE DADOS GEOGRÁFICOS", Fundação Renova – Figura 2

Acesso em 01/09/2020, 23:55h

1.6.4 Modelo Esferoidal

O Modelo Esférico, diferente de outros modelos, é bastante simples e de fácil representação matemática, modelo no qual a Terra é representada como se fosse uma esfera. Este modelo é, porém, o modelo no qual o globo terrestre está mais distante da realidade, por apresentar uma grande deformação em relação à forma e posição reais. Tal modelo é bastante utilizado no dia-a-dia de todos, desde a escola até mesmo para outros fins, e é bastante comum de ser visto em globos terrestres didáticos, como pode ser visto na Imagem 15 ao lado.

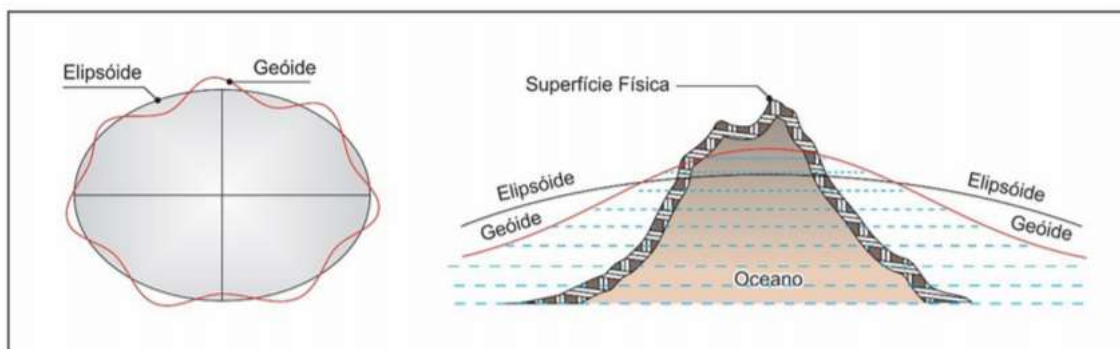
IMAGEM 15
O MODELO ESFEROIDAL



Fonte:
<https://www.americanas.com.br/produto/12876060/globo-terrestre-politico-studio-30-cm-libreria>

Acesso em 30/08/2020, 21:00h

IMAGEM 16 – A RELAÇÃO ENTRE O GEÓIDE E O ELIPSÓIDE



Fonte: Apostila “Sistema de Referência Terrestre e Posicionamento por Satélite”, Embrapa – figura 2.
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1042182/1/Doc197.pdf>

Acesso em 02/09/2020, 00:25h

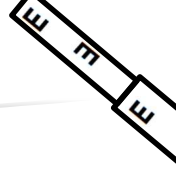
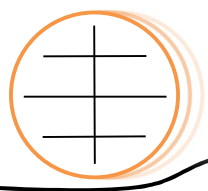
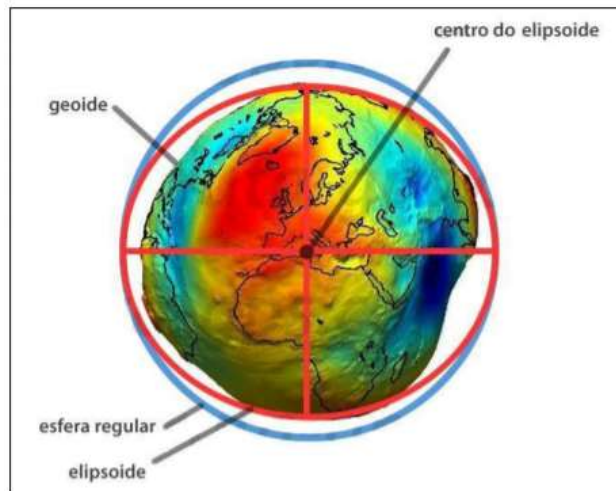


IMAGEM 17 – REPRESENTAÇÃO DO GEÓIDE, ELIPSÓIDE E ESFERA REGULAR



Fonte: Apostila "ESPECIFICAÇÃO PARA PRODUÇÃO DE DADOS GEOGRÁFICOS", Fundação Renova – Figura 10

Acesso em 02/09/2020, 00:25h

1.7 Geóide, elipsóides de referência e termos usuais (datum e sad)

Como dito anteriormente, cada região adota um elipsóide que mais se adapte ao relevo local, visando assim a diminuição de erros, e entre os elipsóides 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, os quais são:


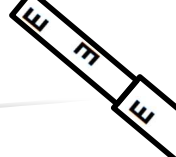
DATA/DATUM = SAD 69 (CHUÁ);

a = 6.378.160 m;

f = 1 – b/a = 1/298,25.

Observe que foram citados acima muitos termos que provavelmente não são comuns a você, leitor. Veja então a seguir as suas definições:

- **DATA ou DATUM:** 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 elipsóide utilizado para representação.
- **SAD:** South American Data, Datum Sul Americano, oficializado para uso no Brasil em 1969, é representado pelo vértice de triangulação 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 elipsóide (em metros);

- 
- 
- **b**: é a dimensão que representa o semi-eixo menor do elipsóide (em metros);
 - **f**: é a relação entre o semi-eixo menor e o semi-eixo maior do elipsóide, ou seja, o achatamento terrestre.

No Brasil, 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).



1.8 O histórico de georreferenciamento no Brasil

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).

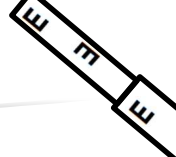

Esta Conferência contou com uma expressiva participação de representantes de vários países da América do Sul, o que colaborou para o seu êxito e, na ocasião, os objetivos definidos para o projeto foram:

- 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 elipsóide do GRS-80;
- Estabelecimento e manutenção de uma Rede de Referência; tarefa atribuída ao Grupo de Trabalho I (GT I) - Sistema de Referência;
- 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, na qual o novo sistema de referência foi denominado de SIRGAS2000 em substituição ao Elipsóide de Referência 1967, denominado no Brasil de SAD 69.

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

Este material é parte integrante da apostila *Topografia I: conceitos gerais e planimetria*, de autoria do Profº Drº Engº Cláudio Cesar Zimmermann, com colaboração do MSc. Engº Sálvio José Vieira e dos bolsistas do PET/ECV – UFSC; Auxílio de Desenvolvimento, edição, adaptação e revisão: Carlos Eduardo Kuchnier.



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 GNSS, 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 contribui para o fim de uma série de problemas originados na discrepância entre as coordenadas geográficas apresentadas pelo sistema GNSS e aquelas encontradas nos mapas utilizados no continente.

1.9 Os parâmetros de referência do sistema sirgas2000

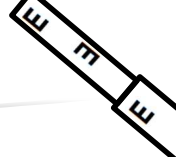

O Datum geodésico SIRGAS tem como origem os parâmetros do elipsóide GRS80 (*Geodetic Reference System 1980*), sendo considerado idêntico ao WGS84 para efeitos práticos da cartografia. As constantes dos dois elipsóides são praticamente idênticas, com exceção de uma pequena variação no achatamento terrestre, que os 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 (Geodetic Reference System 1980 - GRS80):
 - Semi-eixo maior $a = 6.378.137\text{m}$
 - 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/RP_R_01_25fev2005.pdf);
- **Época de Referência das coordenadas:** 2004;
- **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, é possível consultar a página do IBGE na web: <https://www.ibge.gov.br/> (validade do endereço verificada em 02/09/2020 às 00:55h)

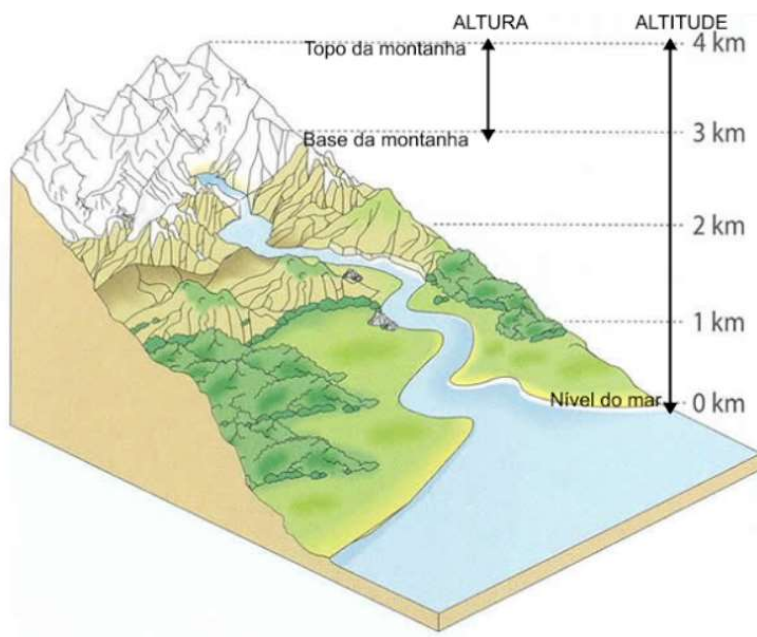
Observação: Quanto às altitudes, deve-se tomar cuidado com o modelo de referência utilizado por cada aparelho. O GNSS (*Global Navigation Satellite System*) utiliza o modelo Elipsoidal, obtendo altitudes geométricas; enquanto que o modelo de referência para projetos de engenharia deve ser o Geoidal,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

1.10 Altura, altitude e variação de altitude (ondulação)

1.10.1 Altura e Altitude

Tenha em mente uma coisa: ambos os conceitos de altura e altitude têm uma coisa em comum, que é o fato de que os dois tratam da distância vertical de relevo entre dois pontos, porém não significam a mesma coisa. Qual então a diferença entre altura e altitude? Simples: A altura leva em consideração a distância vertical entre a base e o ponto mais alto de determinado relevo (uma montanha, por exemplo), já a altitude leva em consideração a distância vertical entre o nível médio do mar (NMM) – lembre-se que o modelo que baseia-se no NMM é o geoidal – e o ponto mais alto de determinado relevo. Observe a figura abaixo:

IMAGEM 18 – ALTURA E ALTITUDE



Fonte: <https://www.terratrekking.com.br/noticia/1/a-diferenca-entre-altura-e-altitude#>

Acesso em 05/09/2020, 01:19h

Existem ainda algumas diferenciações aplicáveis ao conceito de altura, os quais pode-se chamar de subcategorias, podendo elas serem vistas a seguir.



1.10.2 Os tipos de Altitude

- **Altitude Geométrica ou elipsoidal:** é o valor da elevação de um ponto em relação ao elipsóide. Essa altitude é a determinada pelo receptor GNSS durante um levantamento;
- **Altitude Ortométrica ou Geoidal:** é o valor da elevação de um ponto em relação ao geóide.

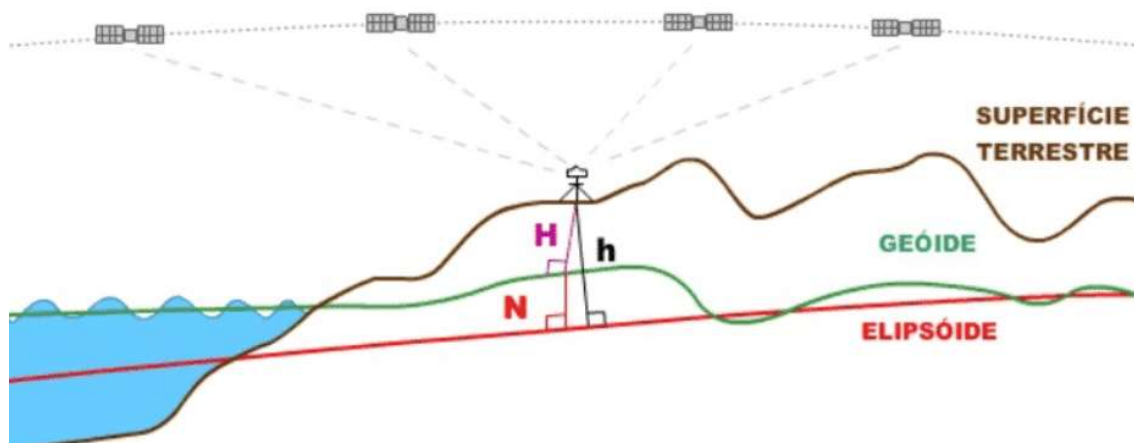
A altitude utilizada nos projetos de engenharia é a Ortométrica, já que o fluxo dos flúidos é determinado pela gravidade do local.

Mas, agora que são conhecidas essas duas altitudes, como é possível fazer a conversão entre elas? Bom, através da ondulação geoidal. Observe a seguir.

1.10.3 Ondulação Geoidal

- **Ondulação Geoidal ou Altura Geoidal:** é a diferença entre a superfície Elipsoidal e a superfície Geoidal. Esta é positiva quando o Geóide está acima do Elipsóide e negativa quando a situação é o contrário. No Brasil existe o chamado MAPGEO2015, que é o modelo de ondulação Geoidal o qual foi calculado pelo IBGE utilizando-se cerca de 900.000 pontos de gravimetria terrestre. O cálculo da Ondulação Geoidal pode ser feito de maneira simples, como pode-se observar a seguir.

IMAGEM 19 – ONDULAÇÃO GEOIDAL



Fonte: <https://targetagrimensura.com.br/2019/07/17/altitude-ortometrica-e-altitude-geometrica-voce-sabe-a-diferenca-entre-elas/> (editada)

Acesso em 05/09/2020, 01:42h

O cálculo da Ondulação Geoidal é dado por: $H = h - N$

Na qual há-se que:

$H =$ *Altitude Ortométrica;*

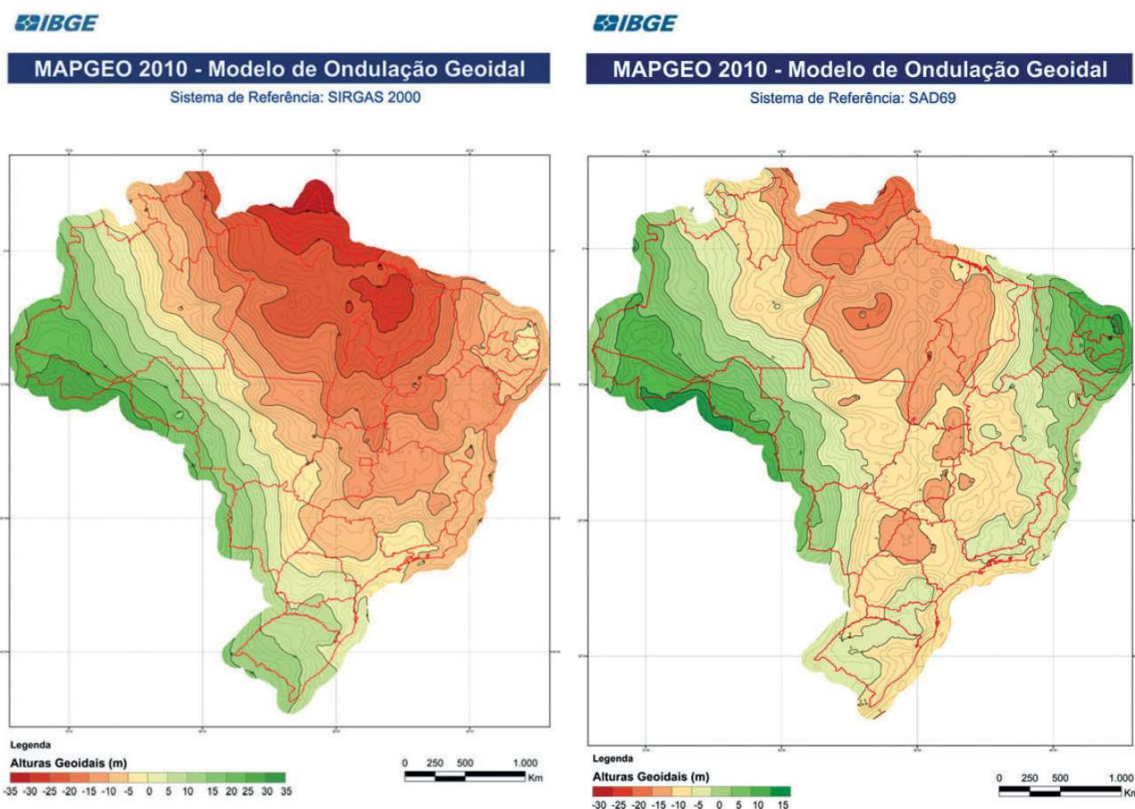
$h =$ *Altitude Geométrica;*

$N =$ *Ondulação Geoidal.*

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 Interterpolação de Ondulações Geoidais foi atualizado.

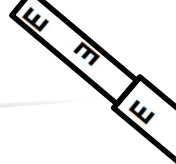
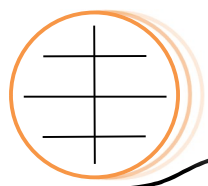
Ainda se faz necessária a maior densificação das linhas de ondulação geoidal para sua melhor aplicação. Alguns trabalhos continuam sendo desenvolvidos, como O MAPGEO2010, para a obtenção da interpolação de ondulação geoidal a um nível de precisão satisfatório para levantamentos altimétricos.

IMAGEM 20 – ONDULAÇÃO GEOIDAL NO BRASIL



Fonte: <https://mundogeo.com/2010/08/12/mapgeo2010-2/> (editada)

Acesso em 05/09/2020, 02:05h



1.11 A esfera celeste e seus componentes

O conceito a ser tratado a seguir é um pouco mais complicado que os outros vistos até agora: o que é a esfera celeste e seus componentes.

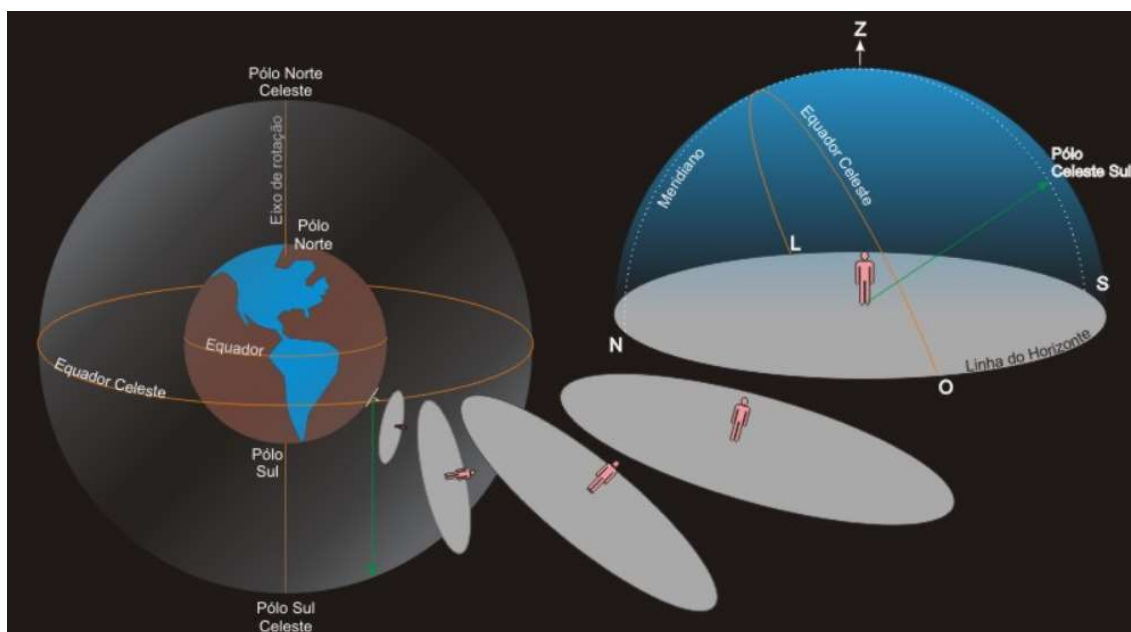
O conceito de Esfera Celeste e seu entendimento deve ser tido antes de iniciar-se aos estudos de ângulos em topografia, que será o próximo tópico.

A seguir estão as definições de esfera celeste de cada um de seus componentes:

- **Esfera Celeste:** tal termo refere-se a 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.
- **Horizonte:** refere-se ao plano tangente à terra no local em que o observador está inserido no planeta;
- **Equador Celeste:** extremo circular em que o alongamento do equador da Terra passa pela Esfera Celeste.
- **Polo Celeste Norte:** local máximo em que o alongamento do eixo de rotação da Terra passa pela esfera celeste, no hemisfério norte.
- **Polo Celeste Sul:** local máximo em que o alongamento do eixo de rotação da Terra passa pela esfera celeste, dessa vez no hemisfério sul.
- **Círculo vertical:** semi-círculo máximo qualquer da esfera celeste contendo a vertical do local em questão. Os círculos verticais inciam sempre no Zênite, que está acima do observador, e terminam no Nadir, o qual está abaixo do observador.
- **Ponto Geográfico Norte:** é o ponto em que o círculo vertical que passa pelo Polo Celeste Norte intercepta o Horizonte. É também chamado **Ponto Cardeal Norte**.
- **Ponto Geográfico Sul:** é o ponto em que o círculo vertical que passa pelo Polo Celeste Sul intercepta o Horizonte. É também chamado **Ponto Cardeal Sul**.
- **Linha Norte-Sul:** é a linha sobre o Horizonte que liga os pontos cardeais Norte e Sul. É também chamada de **Linha meridiana**.

- **Linha Leste-Oeste:** é a linha obtida traçando-se, a perpendicular à meridiana sobre o Horizonte.
- **Círculo de altura:** também chamado de **almucântara**, ou **paralelo de altura**, é qualquer círculo da esfera celeste paralelo ao Horizonte.
- **Círculo horário ou meridiano:** é qualquer semi-círculo máximo da esfera celeste que contém os dois polos celestes.
- **Meridiano Local:** nada mais que é o meridiano que passa pelo Zênite.

IMAGEM 21 – A ESFERA CELESTE E SEUS COMPONENTES



Fonte: <http://www.if.ufrgs.br/~fatima/fis2016/aulas/aula2.htm>

Créditos: Adriano Pieres

Acesso em 05/09/2020, 15:00h



PLANIMETRIA

2 ÂNGULOS

Aqui será possível observar que, como em muitas outras ciências, na topografia o emprego de ângulos é também muito utilizado. Observe a seguir quais são eles.

2.1 Ângulos verticais

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

2.1.1 Ângulo Zenital

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 Ângulo Nadiral

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

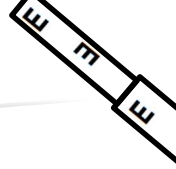
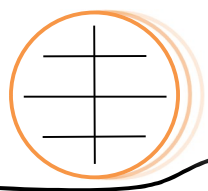
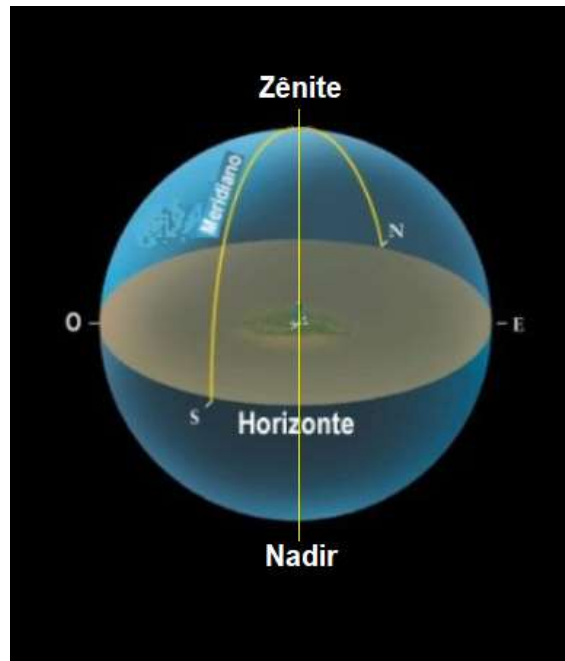


IMAGEM 22 – ZÊNITE E NADIR



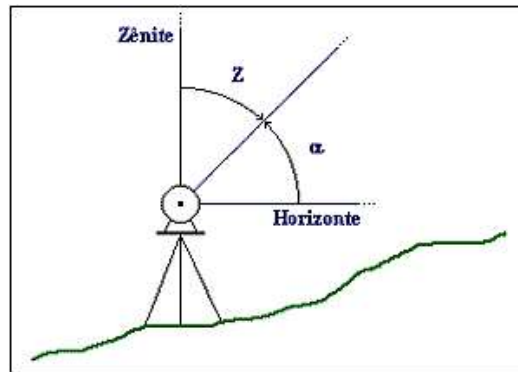
Fonte: <http://www.if.ufrgs.br/~fatima/fis2016/aulas/aula2.htm>

Acesso em 05/09/2020, 15:00h

2.1.3 Inclinação

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

IMAGEM 23 – A RELAÇÃO ENTRE ZÊNITE E A INCLINAÇÃO



Fonte: <http://www.if.ufrgs.br/~fatima/fis2016/aulas/aula2.htm>

Acesso em 05/09/2020, 15:00h



2.2 Ângulos horizontais

Uma das operações mais básicas em Topografia é a medição de ângulos horizontais, e para tal atividade emprega-se um equipamento chamado de teodolito ou estação total. O processo todo de medição de ângulos horizontais é simples, e ao longo do tempo, com a prática, fica cada vez mais fácil de ser aplicado.

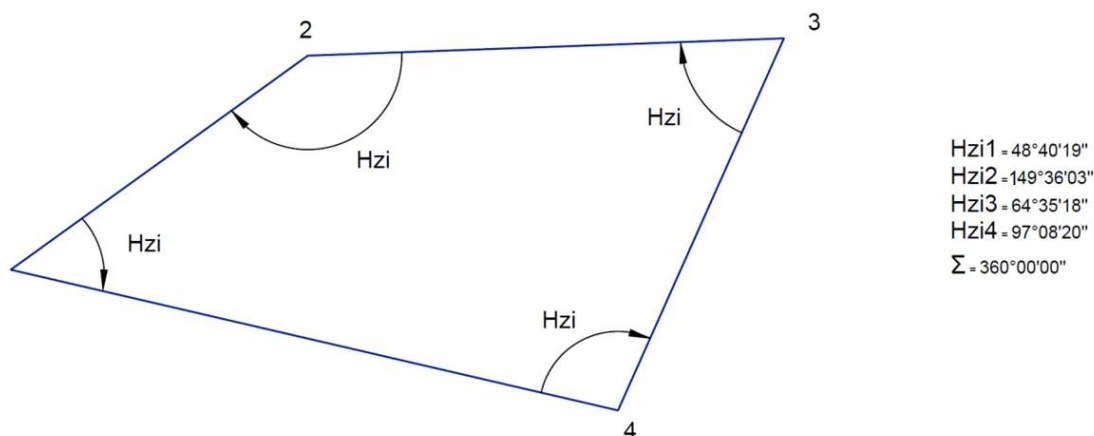
Ângulos horizontais estão muito presentes no dia-a-dia de todos, e são usados desde à aplicação em desenhos, até mesmo à medição de terrenos. Um ângulo horizontal é formado por dois planos verticais que contêm as direções entre o ponto ocupado e os pontos visados. Os ângulos horizontais são classificados em: internos, externos, deflexão, azimute e rumo.

2.2.1 Ângulos 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 $Hzi = 000^{\circ}00'00''$;
- Destruvar 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.

IMAGEM 24 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE ÂNGULOS INTERNOS



Créditos: PET/ECV – UFSC, Carlos Eduardo Kuchnier

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

$$\Sigma Hzi = 180^{\circ} * (n - 2)$$

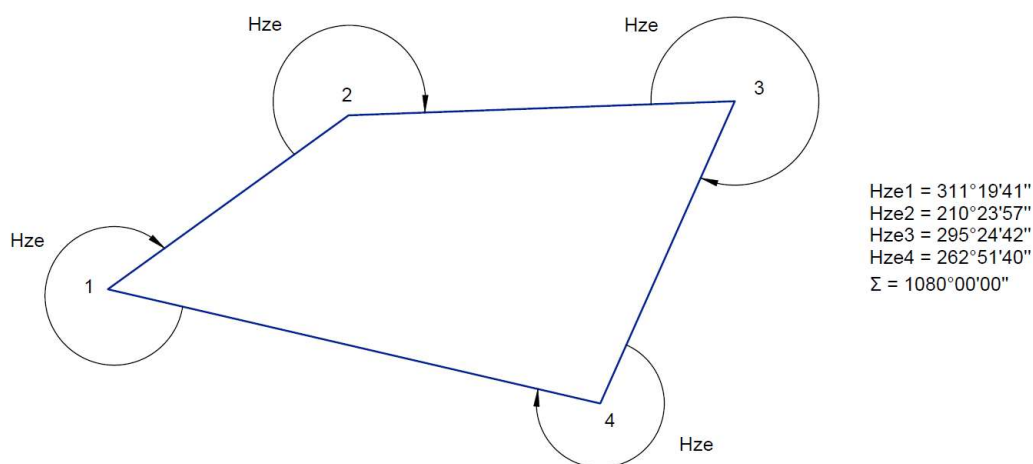
2.2.2 Ângulos Externos

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.

Um ângulo externo pode ser obtido do mesmo modo com o qual os ângulos internos são, 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:

$$Hze = 360^{\circ} 00'00'' - Hzi$$

IMAGEM 25 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE ÂNGULOS EXTERNOS



Créditos: PET/ECV – UFSC

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

$$\Sigma Hze = 180^{\circ} * (n + 2)$$

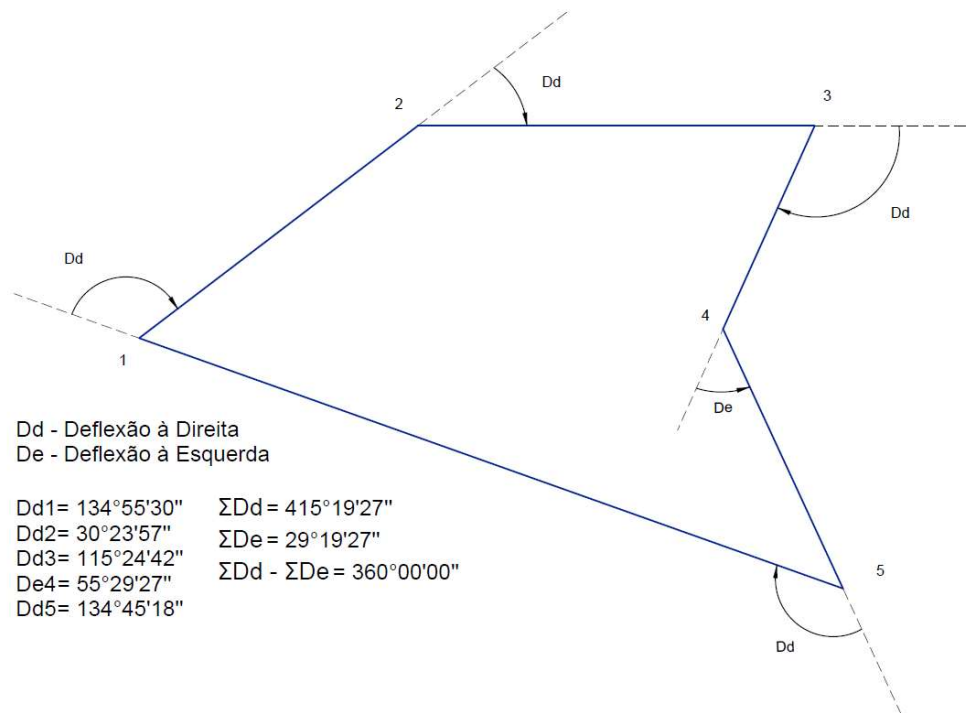
2.2.3 Ângulos de Deflexão

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.

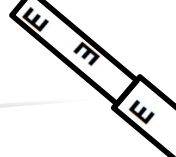

Portanto, para medir-se a deflexão com a utilização de um teodolito eletrônico ou uma estação total, deve-se adotar o seguinte procedimento:

- 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 $\rightarrow 000^\circ 00' 00''$;
- Destruvar e girar o aparelho, executando a pontaria sobre o ponto de vante;
- O ângulo marcado no visor corresponde ao ângulo de deflexão.

IMAGEM 26 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE ÂNGULOS DE DEFLEXÃO



Créditos: PET/ECV – UFSC



A relação entre as deflexões de uma poligonal é definida através do seguinte cálculo:

$$\sum Dd - \sum De = 360^{\circ}00'00''$$

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

$$De = Hzi - 180^{\circ}00'00'' \text{ para } Hzi > 180^{\circ}00'00''$$

e

$$Dd = 180^{\circ}00'00'' - Hzi \text{ para } Hzi < 180^{\circ}00'00''$$



2.2.4 Ângulos de Orientação

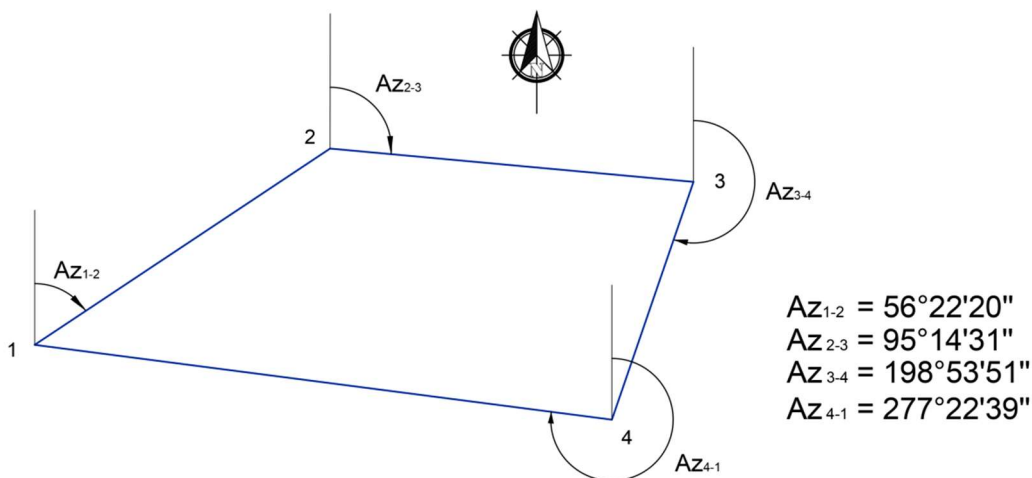
A orientação é uma etapa muito importante nos projetos. Deve-se conhecer a orientação do terreno em relação à direção Norte-Sul para a definição da posição da edificação. A orientação também faz-se necessária na locação de uma obra, pois dará a direção dos alinhamentos que devem ser locados. Ângulos de orientação são ângulos que orientam projetos e engenharia e arquitetura, plantas topográficas, alinhamentos e demais em relação à direção Norte Sul. Deve-se utilizar sempre a direção Norte Sul Geográfica ou Verdadeira e não a magnética (que será utilizada em casos em que a precisão não é exigida). Os ângulos de orientação são dois: Azimute e Rumo.

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 do sistema GPS (ou GNSS) (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 dito como sendo da Quadrícula (Azimute da Quadrícula). Contudo, caso o mesmo 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.

IMAGEM 27 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO AZIMUTE



Créditos: PET/ECV – UFSC

2.2.4.2 Rumo

Rumo é o menor ângulo formado entre a direção Norte-Sul e o alinhamento considerado. Este ângulo tem seu início dado 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:

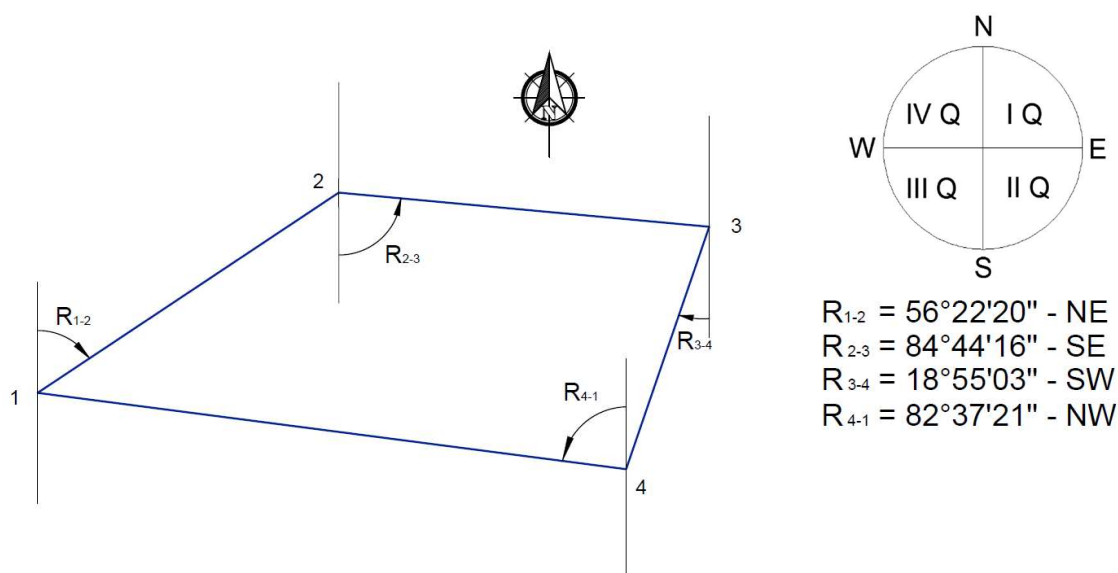
I Q = NE;

II Q = SE;

III Q = SW;

IV Q = NW.

IMAGEM 28 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO RUMO



Créditos: PET/ECV – UFSC

2.3 Relação entre os ângulos horizontais

2.3.1 Relação entre Azimute e Rumo

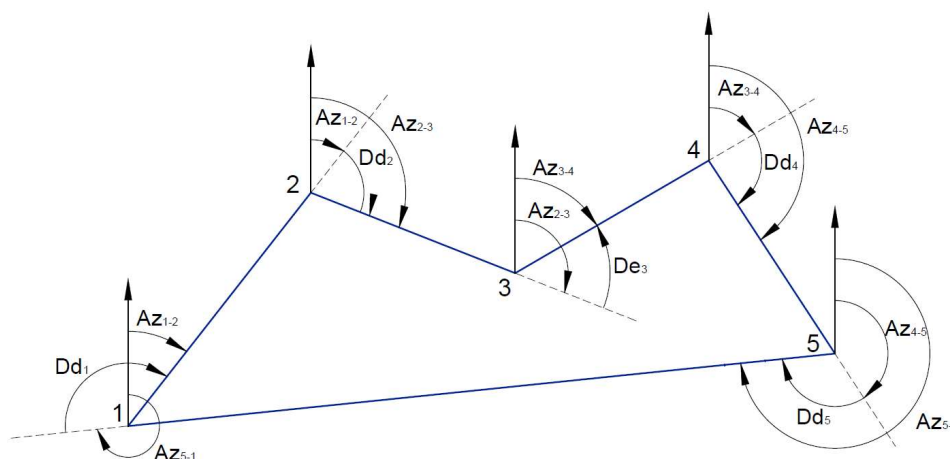
TABELA 01 – RELAÇÃO ENTRE AZIMUTE E RUMO

| Quadrante | Azimute → Rumo | Rumo → 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) | $Az = 360^\circ - R$ |

Créditos: Carlos Eduardo Kuchnier

2.3.2 Relação entre Azimute e Deflexão

IMAGEM 29 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA RELAÇÃO AZIMUTE – DEFLEXÃO



Créditos: PET/ECV – UFSC

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

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

Note que o sinal \pm depende do sentido da deflexão; o qual é positivo para deflexão à direita (Dd) e negativo para deflexão à esquerda (De).



3 MEDIDAS DE DISTÂNCIAS HORIZONTAIS

3.1 Metodologia

Há certas etapas e alguns critérios a serem seguidos, os quais dependem do tamanho da área, do relevo e da precisão requerida pelo projeto que o 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 alguns problemas ao serem usados 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).

Outra maneira de fazer a medição das distâncias horizontais no terreno é através da utilização de uma estação total e de um prisma.



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. As figuras geométricas geradas a partir destas delimitações recebem o nome de Poligonais, as quais podem ser dos seguintes tipos:

- **Aberta:** O ponto de partida ($O=PP$) não coincide com o ponto final (PF);
- **Fechada:** O ponto de partida coincide com o ponto final. ($PP=PF$);
- **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.

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

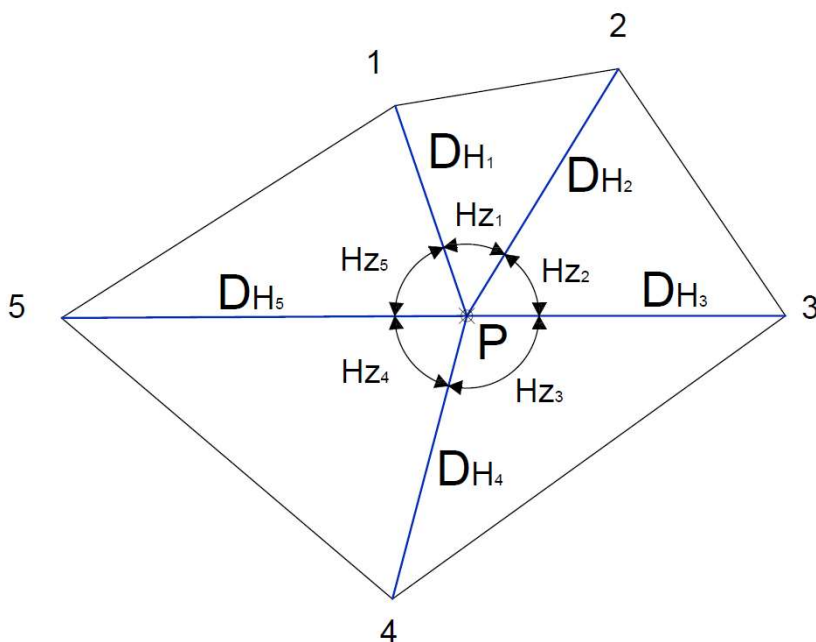
3.2.1 Levantamento por Irradiação

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.

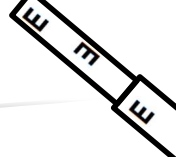

Após a demarcação do contorno da superfície que será levantada, deve-se definir um ponto “P”, dentro ou fora da superfície estabelecida, a partir do qual possam ser avistados todos os demais pontos que a definem. Assim, deste ponto P são mensuradas as distâncias aos pontos que demarcam a superfície (através 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 Imagem 30 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 (H_{z1} a H_{z5}) e as distâncias horizontais (DH_1 a DH_5).

IMAGEM 30 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO LEVANTAMENTO POR IRRADIAÇÃO



Créditos: PET/ECV – UFSC



Na Imagem 30 é possível observar que, 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.

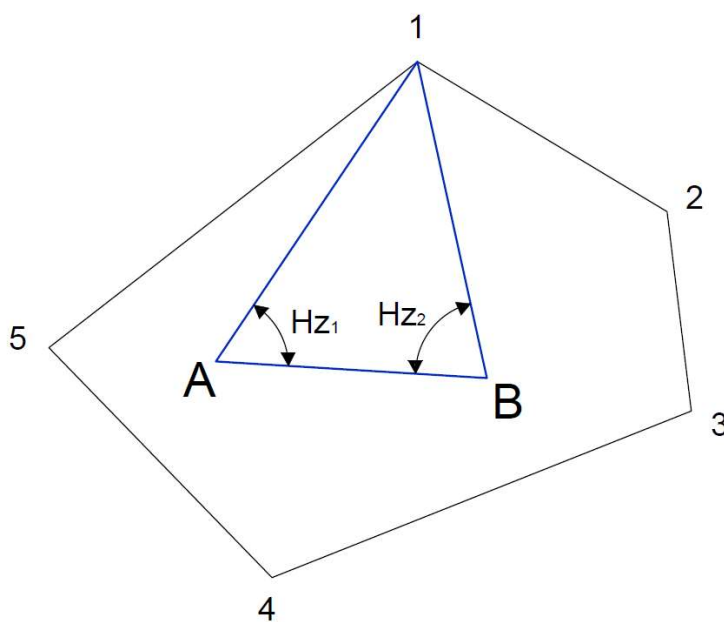
3.2.2 Levantamento por Interseção

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. É então necessária a medição da distância horizontal entre os pontos A e B, os quais formarão uma base de referência, e também de todos os ângulos originados entre a base e os demais pontos demarcados.

A Imagem 31 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).

IMAGEM 31 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO LEVANTAMENTO POR INTERSEÇÃO



Créditos: PET/ECV – UFSC

Na imagem 31 acima é possível observar que 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.

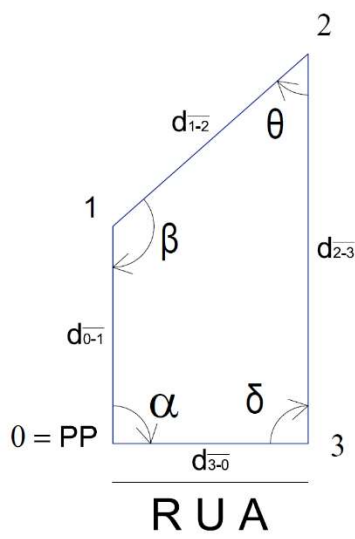
3.2.3 Levantamento por caminhamento

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

No levantamento por caminhamento deve-se instalar o equipamento em cada vértice da poligonal, seja ela real ou de apoio.

É necessário saber que 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. A poligonal de apoio costuma ser usada quando não é possível instalar o aparelho na poligonal real.

IMAGEM 32 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO LEVANTAMENTO POR CAMINHAMENTO



Créditos: PET/ECV – UFSC

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.

IMAGEM 33 – FOTOGRAFIA DE UM MARCO DE CONCRETO



Fonte: Obtenção própria – Ponto topográfico ECV69

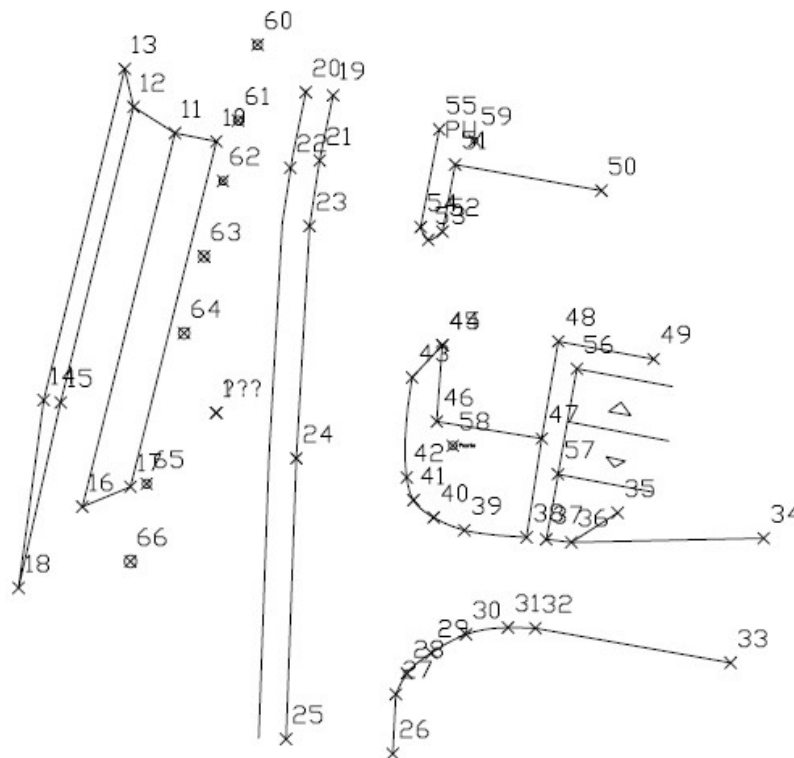
3.4 Croqui

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 a qual 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 tem por objetivo 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.

IMAGEM 34 – EXEMPLIFICAÇÃO DE UM CROQUI



Créditos: Carlos Eduardo Kuchnier



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 obter-se essa correspondência de pontos, constituindo os chamados sistemas de projeções.

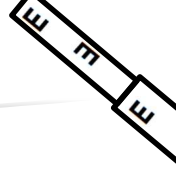
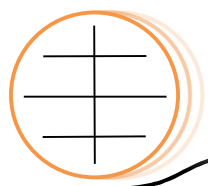
Os sistemas de coordenadas são necessários para expressar a posição de pontos sobre uma superfície, seja ela um elipsóide, esfera ou um plano. É com base em determinados sistemas de coordenadas que descrevemos geometricamente a superfície terrestre nos levantamentos. Para o elipsóide ou esfera, usualmente 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° ao mesmo, 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, com as quais pode-se 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. Pode-se, então, questionar a validade deste modelo de representação, uma vez que seria possível construir representações

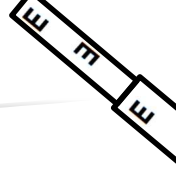
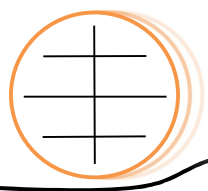
tridimensionais do elipsóide ou da esfera, como é o caso do globo escolar, ou ainda expressá-lo matematicamente, como fazem os geodestas. Contudo, existem algumas razões que justificam esta postura, e a mais direta é: o mapa plano é mais fácil de ser produzido e manuseado.

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 confeccionar 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 as três propriedades supracitadas. Assim, é necessário, ao fixar-se 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. Será possível, adiante, observar que há uma correção a ser utilizada para obterem-se as distâncias reais entre os pontos.

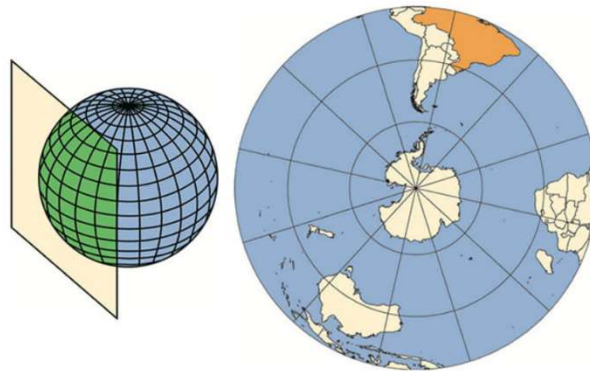


4.1 Tipos de projeções

4.1.1 Projeção Plana ou Azimutal e Plana Polar

Este tipo de projeção utiliza um plano tangente à superfície terrestre, coincidindo com ela em um ponto e preserva as distâncias entre os pontos e, por isso, costuma ser utilizado para rotas marítimas;

IMAGEM 35 – EXEMPLIFICAÇÃO DA PROJEÇÃO PLANA



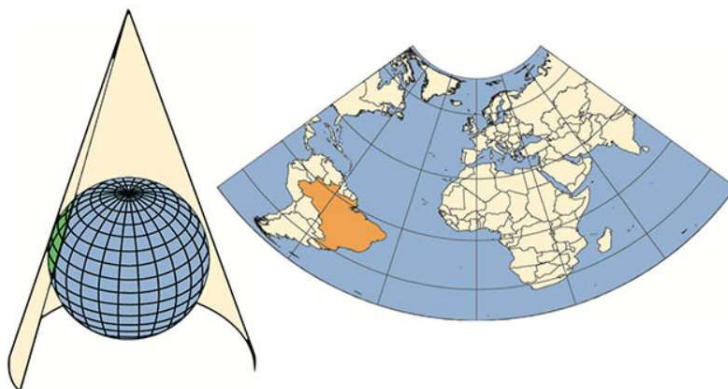
Fonte: <https://atlascolar.ibge.gov.br/conceitos-gerais/o-que-e-cartografia/as-projec-o-es-cartogra-ficas.html>

Acesso em 25/09/2020, 23:45h

4.1.2 Projeção Cônica e Projeção Cônica de Albers

Utiliza um cone imaginário para envolver a superfície terrestre, o qual pode ser tangente ou secante à superfície. Quanto mais próximo do paralelo que tangencia o cone, menores são as deformações

IMAGEM 36 – EXEMPLIFICAÇÃO DA PROJEÇÃO CÔNICA



Fonte: <https://atlasescolar.ibge.gov.br/conceitos-gerais/o-que-e-cartografia/as-projec-o-es-cartogra-ficas.html>

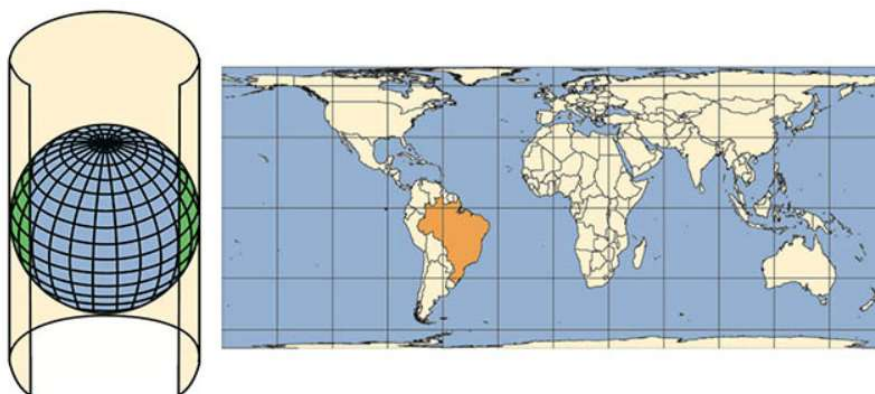
Acesso em 25/09/2020, 23:45h

4.1.3 Projeção Cilíndrica e Projeção Cilíndrica de Peters

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

O cartógrafo Gerhard Kremer utilizou um Cilindro Transverso para a elaboração das coordenadas UTM.

IMAGEM 37 – EXEMPLIFICAÇÃO DA PROJEÇÃO CILÍNDRICA



Fonte: <https://atlascolar.ibge.gov.br/conceitos-gerais/o-que-e-cartografia/as-projec-o-es-cartogra-ficas.html>

Acesso em 25/09/2020, 23:45h

4.2 Coordenadas geográficas e geodésicas

As coordenadas geográficas ou geodésicas são de caráter curvilíneo e por isso são dados em grau, minuto e segundo, conhecidas como latitude e longitude. Dentro desse assunto, destacam-se os Paralelos e Meridianos, os quais estão melhor explicados a seguir.

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. Já 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. Essencialmente essa diferença entre os dois termos acarreta em algumas mudanças de cálculo e algumas diferenciações em âmbito teórico. Porém, visualmente falando, são basicamente a mesma coisa, como poderá ser observado nas Imagens 40, 41, 42 e 43 a seguir.

IMAGEM 38

FOTO DO OBSERVATÓRIO REAL DE GREENWICH CORTADO PELO MERIDIANO QUE LEVA MESMO NOME. GREENWICH, INGLATERRA

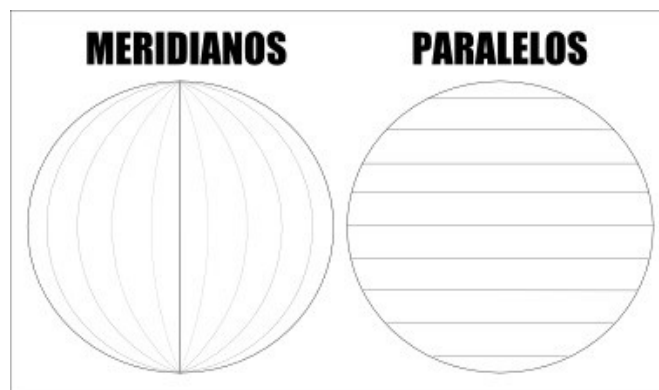


Fonte: commons.wikimedia.org/wiki/File:Prime_meridian_001.jpg

Acesso em 27/09/2020, 12:20h

Lembre-se: geralmente, as linhas de longitude são também chamadas de meridianos, e as linhas de latitude, de meridianos. Em outras palavras, sempre que tratar-se de longitude e latitude, há de saber-se que os termos fazem referência às linhas verticais e horizontais no globo, respectivamente. Observe a Imagem 39 a seguir.

IMAGEM 39 – REPRESENTAÇÃO DOS MERIDIANOS E PARALELOS NO GLOBO TERRESTRE



Fonte:

<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/paralelos-meridianos.htm#>

Acesso em 27/09/2020, 12:22h

Outro fato do qual é importantíssimo ter-se o conhecimento é o do que realmente são as coordenadas geográficas e geodésicas visivelmente falando, as quais são nada mais que a junção dos meridianos e paralelos, ao passo que tal ação forma uma rede ao longo do globo terrestre, a qual dá-se o nome de rede de localização, também conhecida como rede de coordenadas geográficas ou geodésicas.

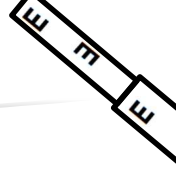
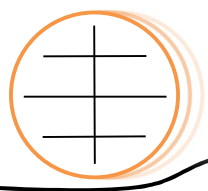


IMAGEM 40 – REPRESENTAÇÃO DA REDE LOCALIZAÇÃO AO LONGO DO GLOBO TERRESTRE



Fonte: <https://escolakids.uol.com.br/geografia/paralelos-e-meridianos.htm>

Acesso em 27/09/2020, 12:25h

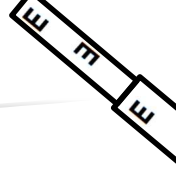
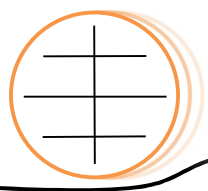
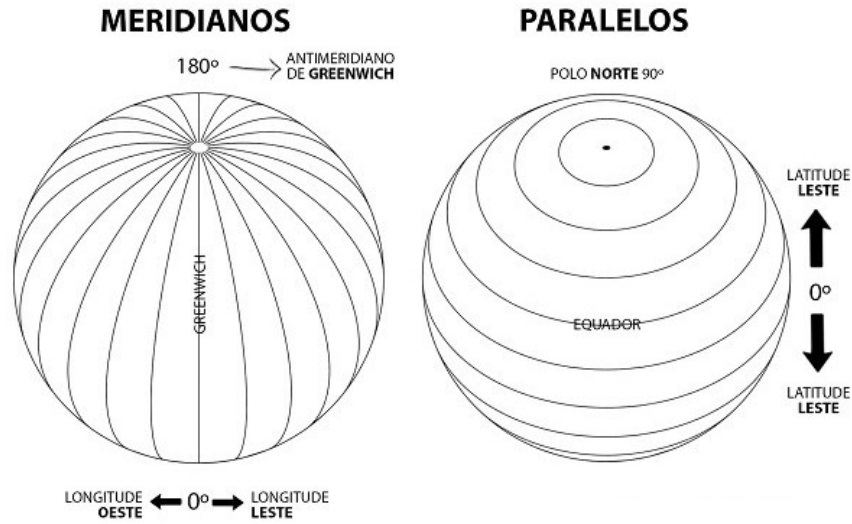


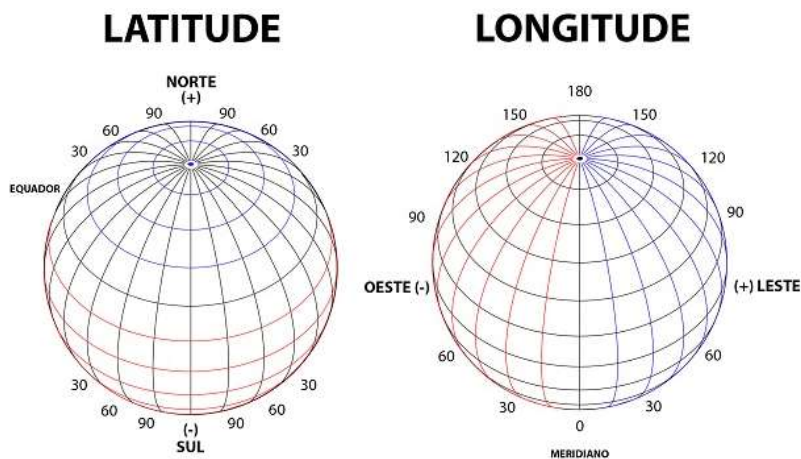
IMAGEM 41 – MERIDIANOS E PARALELOS E A REPRESENTAÇÃO DO SENTIDO DE CRESCIMENTO DOS ÂNGULOS DE LONGITUDE E LATITUDE



Fonte: <https://www.estudopratico.com.br/coordenadas-geograficas/> (editada)

Acesso em 27/09/2020, 12:40h

IMAGEM 42 – MERIDIANOS E PARALELOS E A REPRESENTAÇÃO DO SENTIDO DE CRESCIMENTO DOS ÂNGULOS DE LONGITUDE E LATITUDE



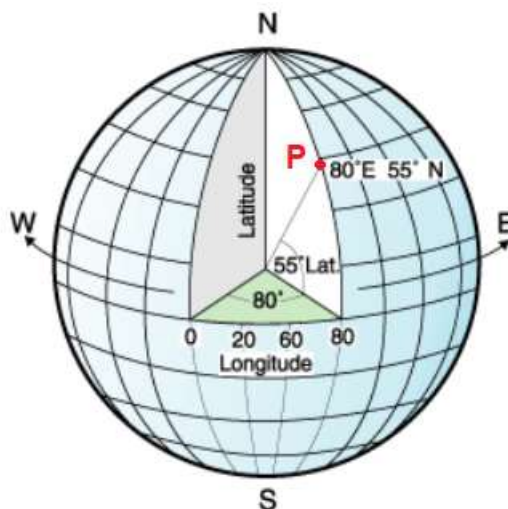
Fonte: <https://www.estudopratico.com.br/coordenadas-geograficas/> (editada)

Acesso em 27/09/2020, 12:40h

Como dito anteriormente, existem os sistemas de coordenadas geográficas e geodésicas, os quais são básica e essencialmente iguais, salvas algumas pequenas diferenças, sendo uma delas o modelo utilizado: 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.

IMAGEM 43 – LATITUDE E LONGITUDE NO MODELO ESFÉRICO DA TERRA



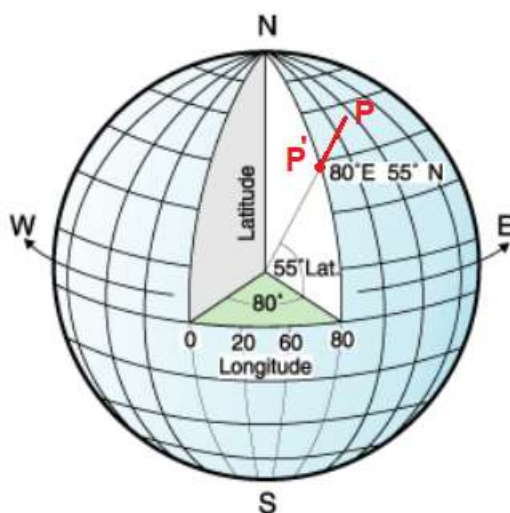
Fonte:

https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/SSEPGG_11.5.0/com.ibm.db2.luw.spatial.topics.doc/doc/csb3022a.html
(Figura 1) (Editada)

Acesso em 27/09/2020, 12:50h

Já 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.

IMAGEM 44 – LATITUDE E LONGITUDE NO MODELO ELIPSOIDAL DA TERRA



Fonte:

https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/SSEPGG_11.5.0/com.ibm.db2.luw.spatial.topics.doc/doc/csb3022a.html
(Figura 1) (Editada)

Acesso em 27/09/2020, 12:50h



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.

Existem três tipos de coordenadas retangulares, todas definidas a seguir.

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, obtém-se valores para cada ponto avaliado do terreno. As coordenadas cartesianas não devem ser mais utilizadas atualmente pelo fato de as mesmas não amarrarem os terrenos a um sistema de coordenadas maior.

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 poderá ser observado 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 em tempos passados, deve ser evitado nos dias atuais, a menos que seja, posteriormente, georreferenciado a um ponto de coordenadas UTM conhecidas.



4.3.3 Coordenadas UTM

O flamengo Gerhard Kramer, mais conhecido como “Mercator” (devido ao seu nome em latim – Gerardo Mercator) foi quem publicou o primeiro mapa com projeção conforme da Terra esférica em um plano cilíndrico, com orientação transversal, no qual 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, transverso ao eixo da terra, secante nos polos. Para a projeção de toda a superfície da terra, o cilindro é rotacionado de 6 em 6 graus e projeta apenas em porções chamadas de fusos, abrangendo todos os fusos terrestres.

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.

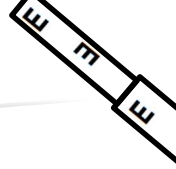
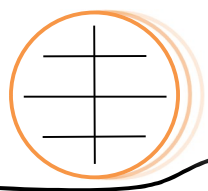
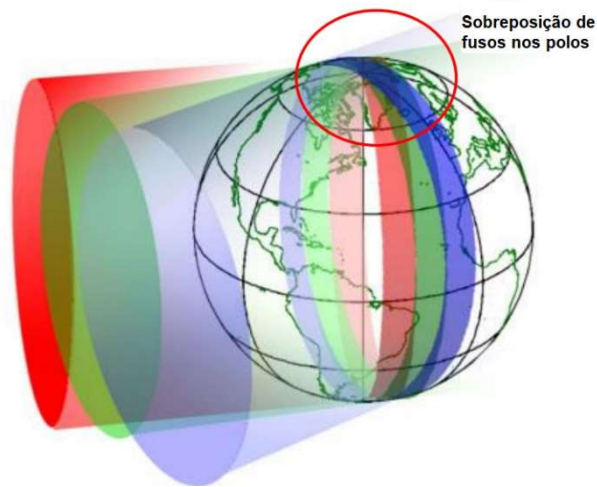


IMAGEM 45 – COMO SÃO DEFINIDOS OS FUSOS DO SISTEMA DE COORDENADAS UTM ATRAVÉS DO USO DE UM CILINDRO

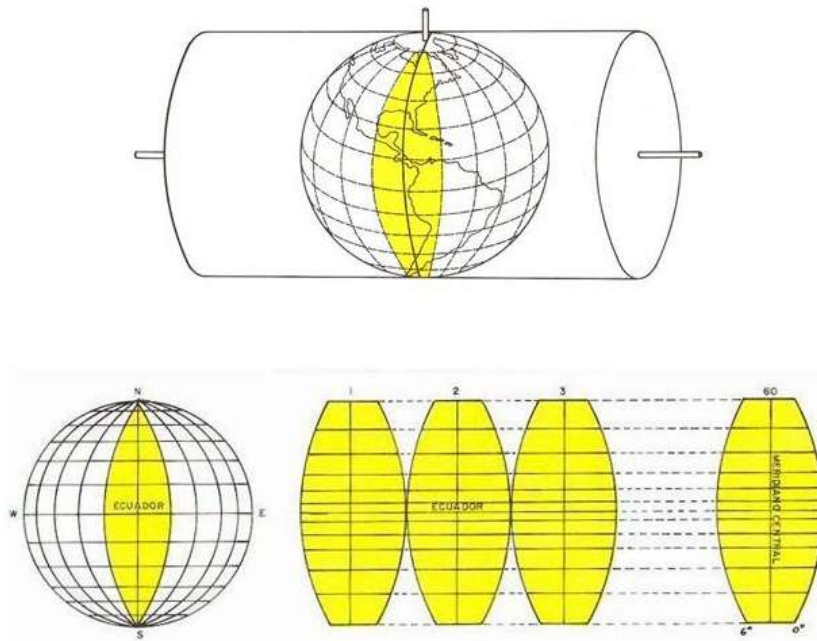


Fonte:
https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1738554/mod_resource/content/1/PTR0101%20-%20Proje%C3%A7%C3%A3o%20UTM%20v2015.pdf

(Slide nº7) (Editada)

Acesso em 27/09/2020, 13:20h

IMAGEM 46 – ESQUEMATIZAÇÃO REPRESENTANDO OS FUSOS DO SISTEMA DE COORDENADAS UTM



Fonte: <http://adenilsongiovani.com.br/blog/coordenadas-utm/>

Acesso em 27/09/2020, 14:40h



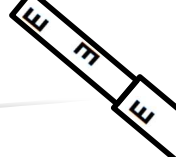
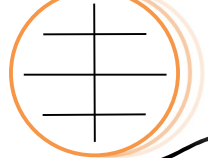
O sistema UTM, conforme a NBR 13.133/1994, tem as seguintes características:

- 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);
- Para o Brasil:
No sistema anterior de referencia - Elipsóide Internacional de 1967 (SAD69):
 - Semi-eixo maior **a = 6 378 160m**;
 - Achatamento **f = 1/298,25**;

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

- Semi-eixo maior **a = 6 378 137m**;
 - Achatamento **f = 1/298,257222101**;
-
- Coeficiente de redução de escala $k_0 = 0,9996$ no meridiano central do fuso;
 - A origem das coordenadas planas, em cada sistema parcial (fusos), é o cruzamento do equador com o meridiano central;
 - 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;
 - 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;
 - A projeção é cilíndrica transversa, pois o eixo do cilindro coincide com o plano do equador.

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.



O modelo apresentado a seguir na Imagem 47 contém as distâncias horizontais e verticais para os fusos da projeção de Mercator. Essa configuração é igual para todos os 60 fusos, e nela cada grau do fuso corresponde a 111,11km de distância no Equador.

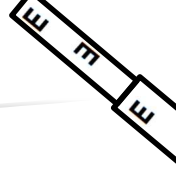
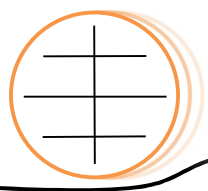
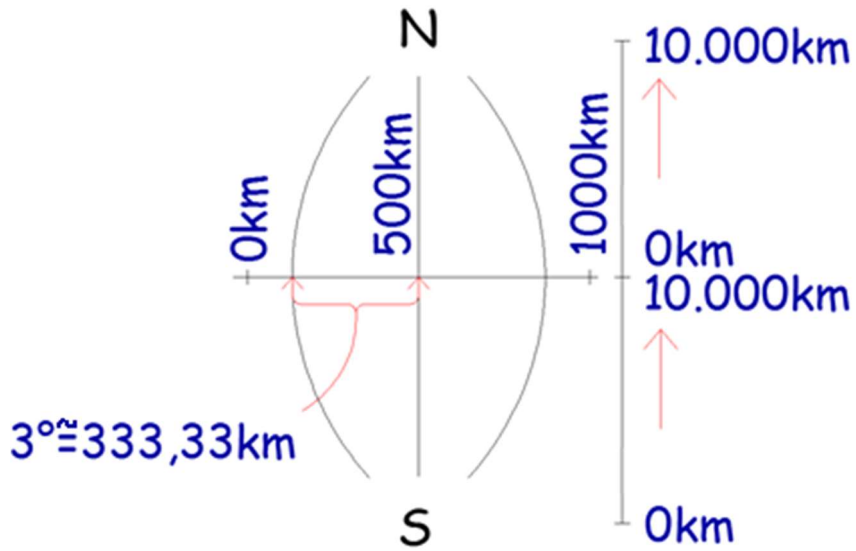
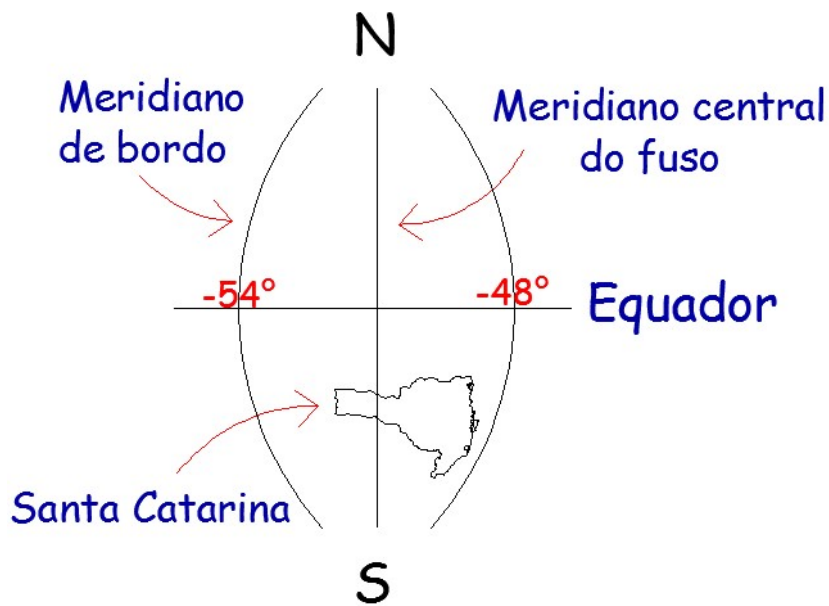


IMAGEM 47 – LIMITES E MEDIDAS DE CADA FUSO



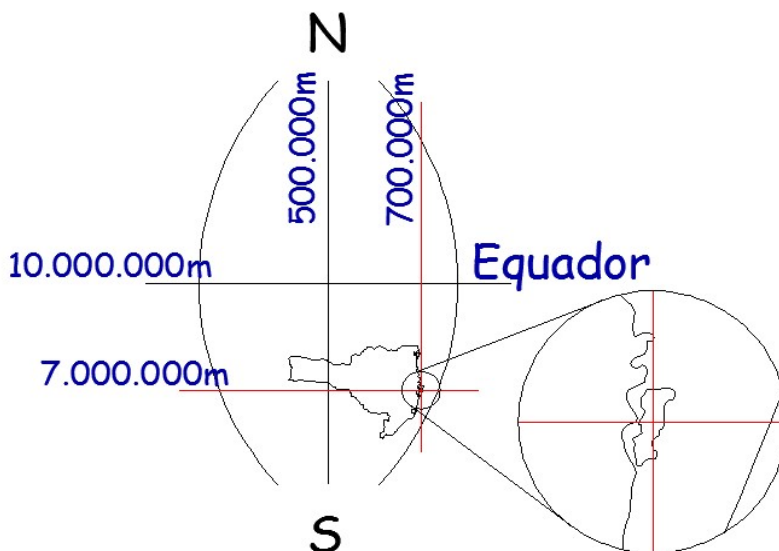
Créditos: PET/ECV – UFSC

IMAGEM 48 – CONFIGURAÇÃO DO ESTADO DE SANTA CATARINA NO FUSO 51°W



Créditos: PET/ECV – UFSC

IMAGEM 49 – LOCALIZAÇÃO DO ESTADO DE SANTA CATARINA
E DA ILHA DE FLORIANÓPOLIS NO FUSO DE MERIDIANO
CENTRAL CORRESPONDENTE A 51°W



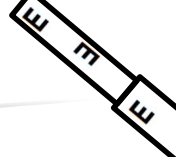

Créditos: PET/ECV – UFSC

Como curiosidade, as coordenadas UTM oficiais de Florianópolis são:

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

Algo muito importante a ser observado é que as Coordenadas acima são de 1 ponto em Florianópolis. Não existe um par de coordenadas de uma cidade, pois neste caso temos que indicar 4 pontos abrangendo a referida cidade (gerando um quadrado ou um retângulo). As Coordenadas acima se referem a um ponto no centro de Florianópolis (ponto este chamado de Marco Zero). 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”.



Muitas são as vantagens de se trabalhar com as coordenadas UTM, sendo algumas delas:

- 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);

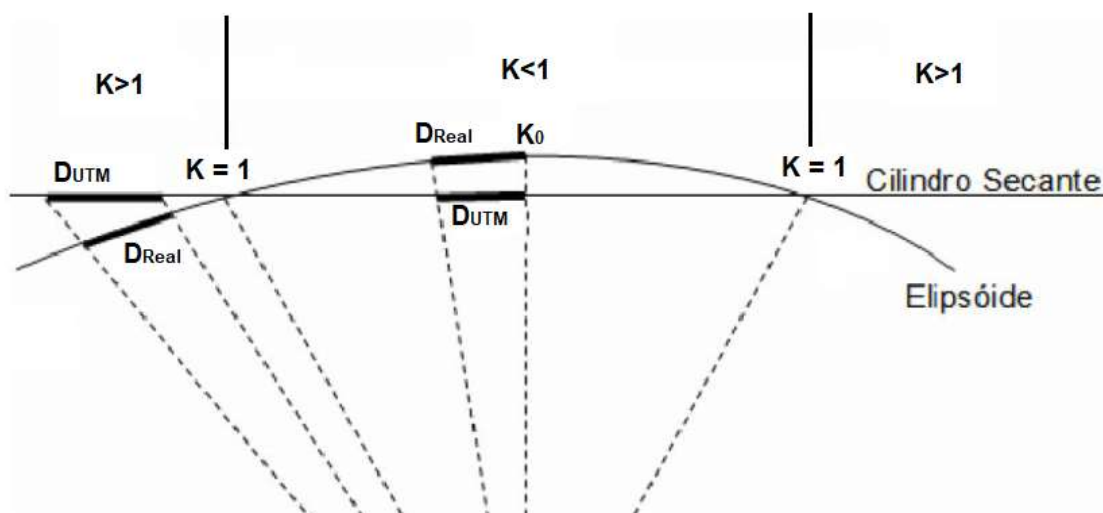
As coordenadas UTM têm como principal objetivo abranger todas as longitudes da superfície terrestre e são de grande importância na engenharia, haja vista que os projetos são baseados (ou devem ser baseados) nesse sistema ou em seus derivados.

4.3.3.1 Fator de Correção/Escala K

O Sistema UTM utiliza uma projeção conforme da superfície terrestre. Como visto anteriormente, 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 a obtenção das 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.

IMAGEM 50 – ESBOÇO DA DISTÂNCIA REAL E DISTÂNCIA UTM E SUAS RELAÇÕES COM A ESCALA K



Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Fator-de-escala-ao-longo-do-fuso-UTM-FonteFranca-2006-p7_fig1_266280713

(Editada)

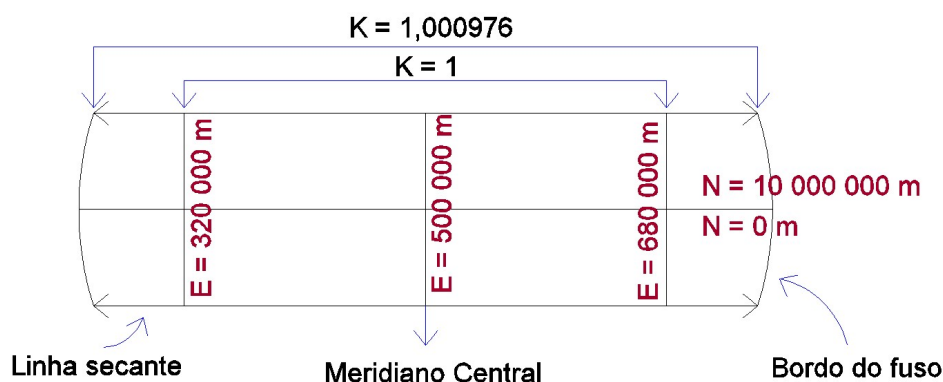
Acesso em 27/09/2020, 13:50h

O cálculo que se aplica para a obtenção da Distância Real é o esboçado abaixo, em que o valor da Distância UTM é dividida pelo fator k. Observe a Imagem 50 para maior entendimento.

$$D_{real} = \frac{D_{utm}}{k}$$

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.

IMAGEM 51 – ESBOÇO DO FATOR DE CORREÇÃO NA ZONA ENTRE MERIDIANOS



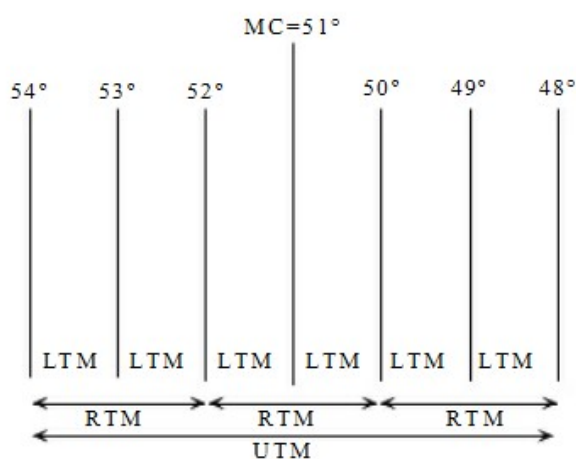
Créditos: PET/ECV – UFSC

Nas bordas dos fusos, K vale 1,000976 e, nos meridianos em que o cilindro coincide com a superfície terrestre, K vale 1. No Meridiano Central, K vale 0,9996.

4.3.3.2 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, 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).

IMAGEM 52 – RELAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS UTM, RTM E LTM

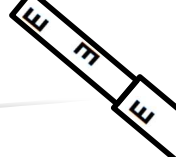
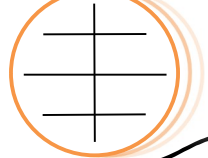


Fonte: Página do Facebook do GTSIG – UFSC

Acesso em 27/09/2020, 15:00h

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, com comportamento parecido ao de um ímã, cria um campo magnético em seu entorno, o qual tem suas linhas de força, em geral, orientadas no 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 destas linhas recebe o nome de norte magnético, mas, devido às irregularidades do campo (variações seculares e periódicas da declinação e inclinação magnética), não representa necessariamente o polo 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 gradativamente ao longo do tempo, e 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

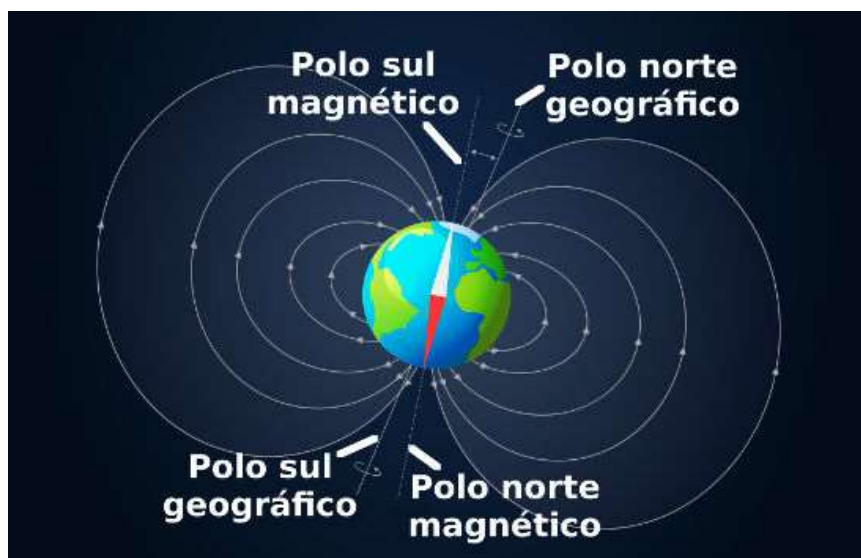
do meridiano geográfico, o mesmo acontecendo em épocas diferentes e num mesmo lugar.

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.

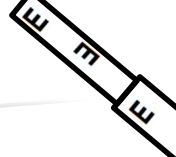

Na Imagem 53 a seguir podem ser observadas as localizações dos polos norte e sul magnéticos, em comparação aos polos norte e sul geográficos. Para cada localidade da Terra a leitura da bússola precisa ser corrigida para coincidir com os meridianos impressos nos mapas.

IMAGEM 53 – ESBOÇO DOS POLOS MAGNÉTICOS E GEOGRÁFICOS



Fonte: <https://tunesambiental.com/2018/10/11/1133/>

Acesso em 09/10/2020, 00:27h



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

Polo Norte: $82^{\circ} 18' 0''$ N, $113^{\circ} 24' 0''$ W

Polo Sul: $63^{\circ} 30' 0''$ S, $138^{\circ} 0' 0''$ E

Ao utilizar-se uma bússola, obtém-se a direção dos polos magnéticos. Para ser determinada a direção geográfica de forma precisa, corrige-se-a pela diferença dos polos, diferença a qual, 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 a direção for a meridiana verdadeira, tem-se o azimute verdadeiro ou geográfico. Conhecido o azimute magnético, é possível determinar indiretamente o azimute verdadeiro, desde que seja conhecido o valor da declinação magnética local.

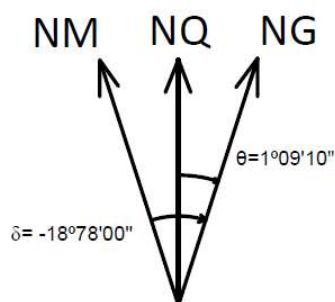
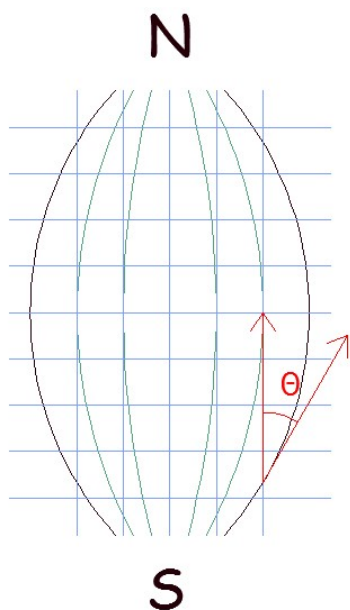
A declinação magnética é o ângulo compreendido entre a direção norte-sul geográfica (NG) e a direção norte-sul magnética, sendo contada a partir do extremo norte da direção NG, por leste (δ_E) ou por oeste (δ_W). A declinação à oeste do NG, também denominada Oriental, é negativa, e a leste do NG, denominada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

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

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

Deve-se salientar que a declinação magnética não é constante. O estudo da declinação magnética em pontos de uma região, determinada durante um longo período, 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, o cuidado durante o trabalho em campo deve estar sempre presente, para que sejam evitadas as variações locais e acidentais.

IMAGEM 54 – REFERÊNCIAS EM PROJETOS: DECLINAÇÃO
MAGNÉTICA E CONVERGÊNCIA MERIDIANA EM FLORIANÓPOLIS
(2012)



Projeção Universal Transverso de Mercator

Meridiano Central 51 w de Greenwich

$k = 1,000345$

DATUM HORIZONTAL SAD69 - IBGE

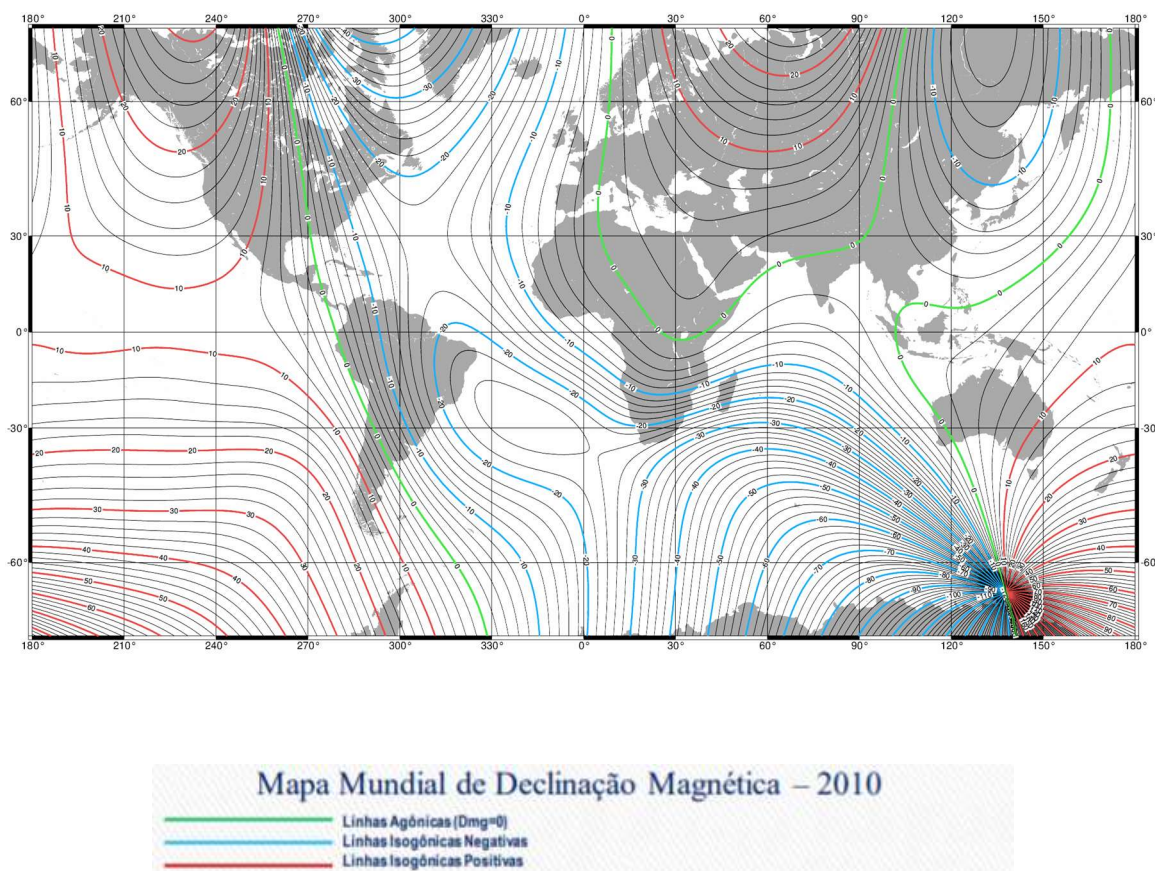
DATUM VERTICAL Marégrafo de Imbituba - SC - IBGE

Créditos: PET/ECV – UFSC

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.

IMAGEM 55 – MAPA COM CURVAS ISOGÔNICAS



Fonte: <http://www.eletrica.ufpr.br/mehl/te271/1-Orientacao.pdf> - Pág nº 09 (Editada)

Acesso em 09/10/2020, 00:44h



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

Cartas Magnéticas 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.

As Cartas Magnéticas são compostas pelas curvas isogônicas e curvas isopóricas que cobrem todo o território nacional. Para o cálculo da declinação magnética (α) é utilizada a expressão:

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

Na qual

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.

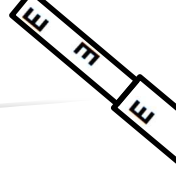
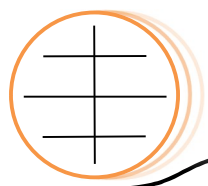


TABELA 02 – VALORES DE FRAÇÃO DO ANO PARA CÁLCULO DA DECLINAÇÃO MAGNÉTICA

| 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 |

Créditos: PET/ECV - UFSC

Dados obtidos do livro *Fundamentos de Topografia* (2013)



6 LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

6.1 Definição

Um levantamento topográfico é o “Conjunto de métodos e processos que, através de medições de ângulos horizontais e verticais, de distancias 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 predeterminedada e/ou pontos cotados.” (NBR13133, Execução de levantamento topográfico. 1994, p. 3)

6.2 Tipos de Levantamentos Topográficos

A classificação apresentada a seguir refere-se às 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)

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)

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, conforme ilustrado na Tabela 03.

TABELA 03 – CLASSIFICAÇÃO QUANTO À PRECISÃO DOS TEODOLITOS

| 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 | $\leq \pm 02''$ |

Créditos: PET/ECV – UFSC

Dados obtidos da NBR 13133 (ABNT, 1994, p.6).

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



7.1.1. Roteiro de Instalação do Teodolito

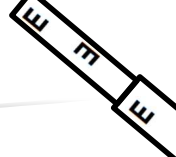
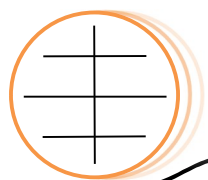
- **Colocar o teodolito no tripé:**
 - Encontrar o ponto topográfico;
 - Colocar os pés do tripé equidistante do ponto topográfico;
 - Fixar o teodolito ao tripé através do parafuso fixador da base do tripé;
 - Ajustar a altura do aparelho (Luneta), com o operador, através do ajuste do tripé;
 - Fixar o movimento geral através do parafuso;
 - Colocar os parafusos calantes de forma eqüidistante (3mm).

- **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.

Atenção: 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.

- **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.

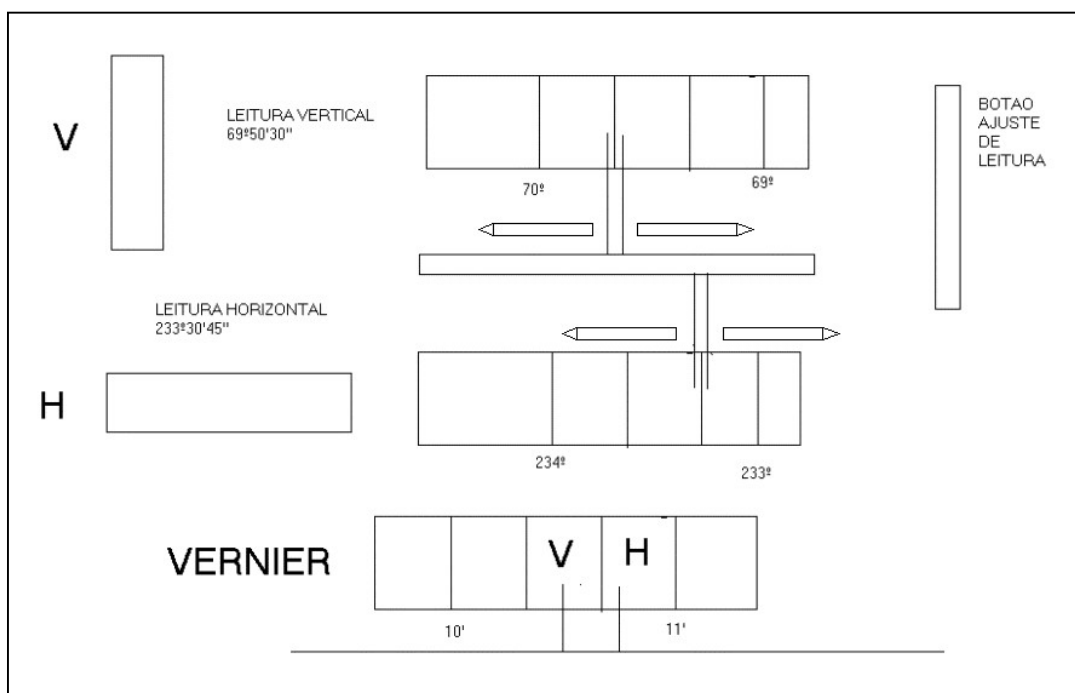
- **Nivelar o teodolito:**
 - Nivelamento através da bolha de nível tubular;
 - Colocar o nível tubular paralelo a dois calantes;
 - Movimentar simultaneamente, ambos parafusos calantes, em sentido contrário porém realizando o mesmo percurso até centralizar a bolha;
 - Girar o teodolito 90° a direção 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).

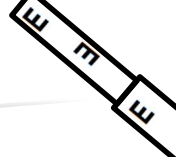

A Imagem 57 a seguir mostra o procedimento em dois momentos para leitura angular no teodolito ótico mecânico.

IMAGEM 57 – LEITURA ANGULAR
(ÂNGULO VERTICAL E HORIZONTAL)



Créditos: PET/ECV – UFSC

Atenção: 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 Imagem 57 acima mostra uma visão típica de leitura de ângulo no teodolito, a qual deve ser feita da seguinte maneira:

- **Passo a passo para a leitura de um ângulo no teodolito**
 - 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

- Escolhe-se o ângulo a ser lido, vertical ou horizontal;
- 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;
- Faz-se a primeira leitura: Graus e minutos (Obrigatoriamente com arredondamento de 20 minutos, já que posicionamos a régua com este propósito);
- Faz-se a leitura complementar no Vernier: minutos e segundos (Os segundos são arbitrados);
- Para obtenção da leitura final, soma-se a primeira leitura à leitura complementar.

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, faz-se quase que desnecessária a utilização de trena para um levantamento regular e, sendo assim, esse aparelho efetua medições de ângulos horizontais e verticais e distâncias horizontais, verticais e inclinadas. Uma estação Total pode também 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.

As visadas de uma estação total são feitas 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.

À medida que as medições são colhidas pela estação total, estas 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 quanto à utilização uma estação total em um levantamento planimétrico, são ainda eliminados ou reduzidos alguns tipos de erros grosseiros, como leitura ou registro de dados, já que estes processos são automatizados e, com o distanciômetro de uma Estação Total, obtém-se dados de medidas lineares mais precisos que com a trena.

TABELA 04 – CLASSIFICAÇÃO QUANTO À PRECISÃO DAS ESTAÇÕES TOTAIS

| 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 | $\leq \pm 02''$ | $\pm (3\text{mm} + 3\text{ppm} \times D)$ |

Créditos: Carlos Eduardo Kuchnier

Dados obtidos da 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 e COMPASS - 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.

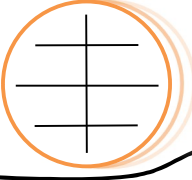
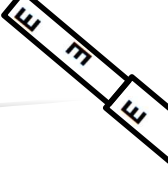
A sigla RTK significa *Real Time Kinematic*, ou posicionamento cinemático em tempo real, e alia a tecnologia de navegação por satélites a um rádio-modem a fim de obterem-se medidas com correções instantâneas. Esta técnica exige a disponibilidade de pelo menos uma estação de referência, com as coordenadas 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.

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.

As principais aplicações do método RTK 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 Georreferenciados como apoio à implementação da mesma.

8 MÉTODOS DE MEDIÇÃO DE ÂNGULOS HORIZONTAIS

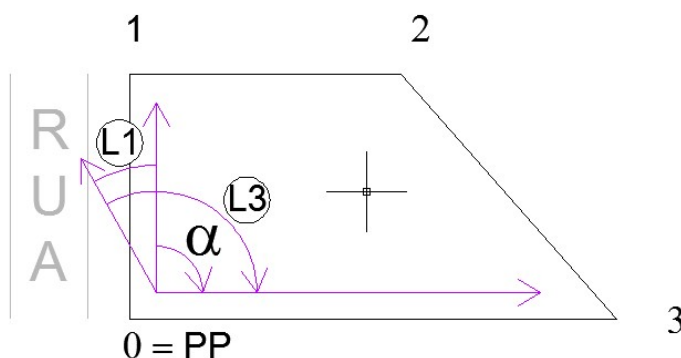
Os métodos descritos a seguir são utilizados para a obtenção dos ângulos entre alinhamentos do terreno a ser levantado. Os métodos diferenciam-se pela complexidade e, conseqüentemente, pela precisão obtida. Dessa forma pode-se afirmar que métodos mais simples podem gerar mais erros.

8.1 Simples

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

- Nesse método, o processo todo pode ser resumido em:
 - 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.

IMAGEM 58 – ESQUEMATIZAÇÃO DO MÉTODO DE LEVANTAMENTO SIMPLES



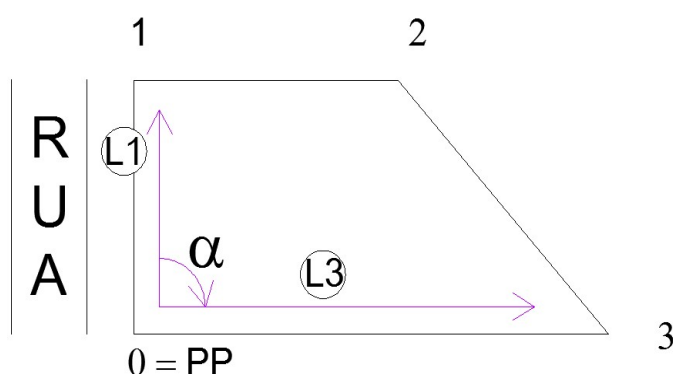
Créditos: PET/ECV – UFSC

$$Hz = \alpha = L3 - L1$$

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, mas agora, 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 anteriormente explicado.

IMAGEM 59 – ESQUEMATIZAÇÃO DO MÉTODO DE LEVANTAMENTO POR ZERAGEM



Créditos: PET/ECV – UFSC

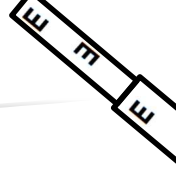
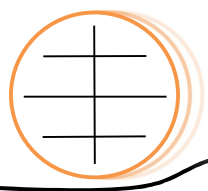
Há-se então que $H_z = \alpha = L_3 - L_1$;

Porém, como o limbo é zerado no alinhamento 1, $L_1 = 0$, então $H_z = L_3$.

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;



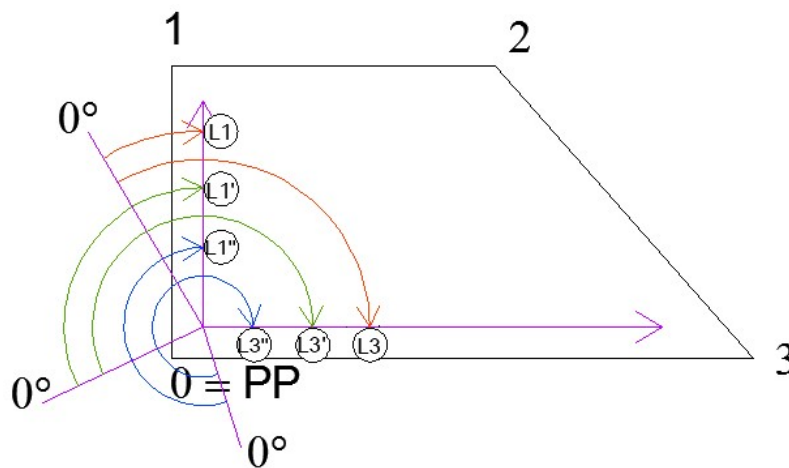
- Fixa-se a leitura angular horizontal (limbo), destrava-se o aparelho (movimento horizontal) e aponta-se a luneta novamente para o primeiro alinhamento, vértice 1;
- Observe que, neste momento, a leitura angular de partida utilizada é a leitura angular lida anteriormente;
- Liberar o ângulo horizontal (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 obterem-se os ângulos horizontais basta subtrair a leitura final da inicial. O valor final do ângulo é a média aritmética entre todas as medidas, ou seja:

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

IMAGEM 60 – ESQUEMATIZAÇÃO DO MÉTODO DE LEVANTAMENTO POR REPETIÇÃO



Créditos: PET/ECV – UFSC

8.4 “Método Cláudio”

Este método, apelidado carinhosamente com o nome do autor principal dessa apostila, é alternativo ao da repetição tradicional, o qual consiste em realizar o método simples por pelo menos três vezes, mas com diferentes ângulos no limbo horizontal, ou seja: 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. Este método é 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, girando-a aproximadamente 180° 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° 00' 00”;
 - Aponta-se para o próximo alinhamento, vértice 3;
 - Outra leitura angular é feita e anotada.

O cálculo utilizado neste método é o ilustrado abaixo:

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

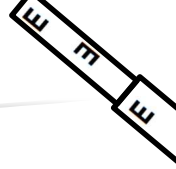
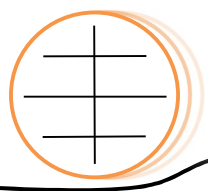
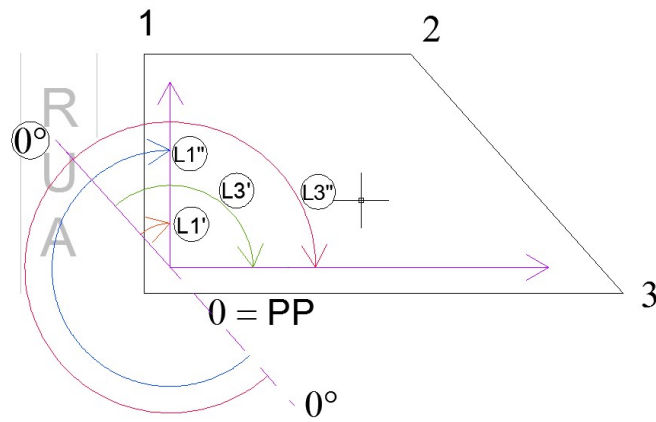


IMAGEM 61 – ESQUEMATIZAÇÃO DO MÉTODO DE LEVANTAMENTO POR REITERAÇÃO



Créditos: PET/ECV – UFSC

9 ERROS ANGULARES E RETIFICAÇÃO

Todas as observações topográficas reduzem-se 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).

Alguns dos erros mais comuns estão listados a seguir:

▪ Erro de estacionamento

Este tipo de erro acontece, em 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

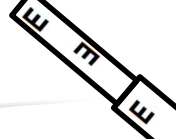
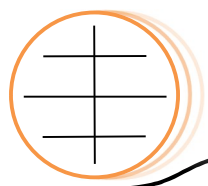
Os teodolitos possuem, no limbo horizontal, dois círculos graduados e concêntricos (o do limbo e o do vernier), cujos centros devem ser coincidentes. Um erro linear de excentricidade (e) produz um erro angular ε_a (em radianos), o qual pode ser obtido através da expressão

$$\varepsilon_a = \frac{e}{r}$$

Na qual r é o raio do círculo graduado.

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

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.

O erro máximo permissível pode ser obtido através da equação:

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

Na qual

k = coeficiente de tolerância, o qual varia de 1 a 3, de acordo com a precisão exigida;

e_a = precisão nominal do aparelho (menor divisão); também chamado de “leitura mínima”;

n = número de vértices da poligonal.

▪ Erro angular máximo

O cálculo do erro angular máximo é $\varepsilon_{\text{máxangular}} = 180 \pm k e_a \sqrt{n}$, que é o mesmo que dizer que $\varepsilon_{\text{máxangular}} = 180 \pm \varepsilon_{\text{máxperm}}$.

▪ Erro cometido

O cálculo do Erro cometido (E_c) é expresso por:

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

Sendo que o fechamento angular é a soma dos ângulos internos prevista para a poligonal em questão, ou seja:

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

n = número de vértices da poligonal.

Lembre-se: o erro cometido em campo deve ser inferior ao erro máximo permissível para que o levantamento seja aceito.



- **Distribuição do erro**

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

n = número de vértices da poligonal.

- **Correção dos ângulos internos**

O valor *De* 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).



9.1 Verificação e retificação do teodolito

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

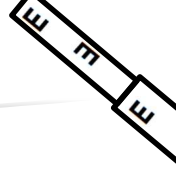
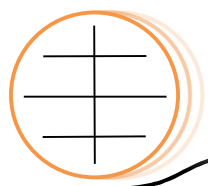
Entende-se por verificar um instrumento a comprovação de que seu funcionamento está correto. Correção ou retificação são as operações necessárias para que todas as partes do instrumento ocupem suas posições devidas, e sem essa providência a qualidade dos resultados do levantamento estarão comprometidos. 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 necessária a realização de uma calibração periódica com empresas certificadas para tal serviço, as quais irão gerar um certificado, geralmente com duração anual, que atestará a aptidão do equipamento a levantamentos topográficos. O certificado citado é exigido por muitos órgãos públicos e empresas privadas de engenharia.

▪ Breve passo a passo para a verificação e retificação do teodolito

- Verticalidade do eixo principal:
É necessário avaliar o deslocamento da bolha e corrigi-la à metade do valor deslocado, atuando-se no parafuso de retificação localizado na extremidade do nível. É correto atuar-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.
Deve-se apontar a luneta novamente para a mira graduada e, atuando-se no parafuso de chamada do movimento vertical, registrar o valor da média.



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

Deve-se dividir a diferença por dois e corrigir a leitura desse valor por meio do parafuso micrométrico horizontal. Como consequência, o fio colimador afasta-se 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.

Lembre-se: é indispensável que as operações de verificação e retificação sejam conduzidas na sequência exposta, a fim de assegurar a perfeita retificação do aparelho.

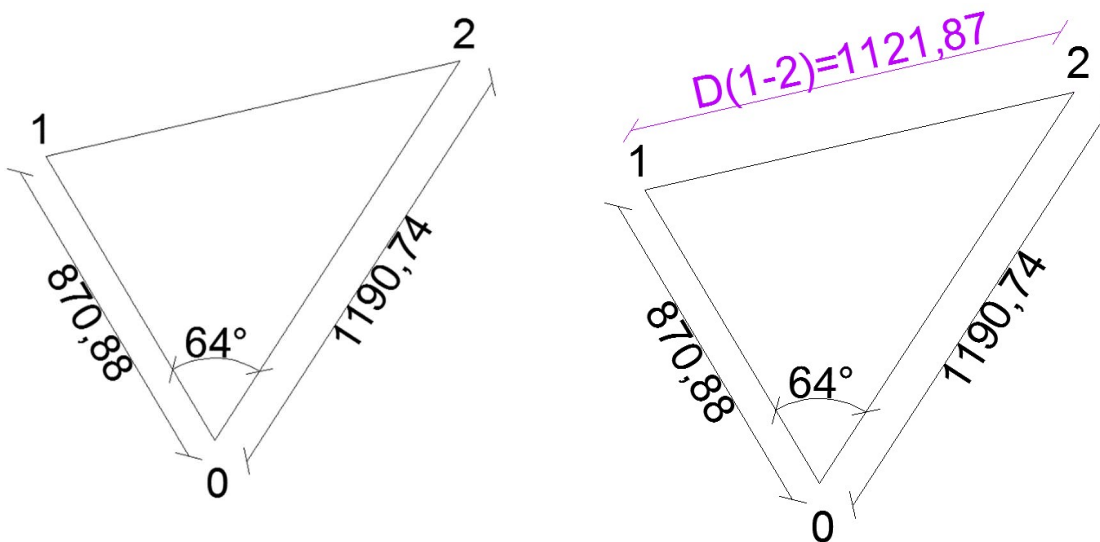
Os teodolitos são instrumentos delicados e, por isso, cuidados especiais devem ser tomados no acondicionamento, transporte e uso destes equipamentos, de modo que sejam evitados choques, trepidações, quedas, umidade, etc. nos mesmos.

10 OBTENÇÃO DE MEDIDAS HORIZONTAIS DA POLIGONAL E CÁLCULOS ÚTEIS

10.1 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 obter-se a terceira medida de distância horizontal, conforme demonstrado na Imagem 62 a seguir:

IMAGEM 62 – CÁLCULO DA DISTÂNCIA ENTRE DOIS VÉRTICES



Créditos: PET/ECV – UFSC

10.2 Lei dos cossenos

A lei dos cossenos é dada por:

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

10.3 Erro linear máximo

O erro linear máximo pode ser obtido através do seguinte cálculo:

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

No qual:

k = coeficiente de tolerância. Varia de 1 a 4, conforme a precisão exigida;

ε_l = erro padrão = 0,0033 m/km (depende do aparelho);

P = perímetro = soma de todas as arestas do polígono em km.

10.4 Fórmula do semi-perímetro para cálculo de área

$$S_{per\acute{ı}metro} = \frac{P}{2} = \rho$$

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

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



11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **Associação Brasileira De Normas Técnicas**. Disponível em: <http://www.abnt.org.br/>. Acesso em: abril 2020;

ESPARTEL, Lélis. **Curso de Topografia**. São Paulo: Globo, 1978;

DOMINGUES, F. A. A. **Topografia e astronomia de posição para engenheiros e arquitetos**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1979;

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 1 maio 2020;

TULER, Marcelo; SARAIVA, Sérgio Luiz Costa. **Fundamentos de Topografia**. Porto Alegre: Bookman, 2013.