

A EVOLUÇÃO HISTÓRICA E TECNOLÓGICA

DO INSTRUMENTAL TOPOGRÁFICO

01 INTRODUÇÃO

Desde que o brilho da inteligência humana iluminou a face da Terra e o homem começou a se locomover sobre a superfície terrestre, surgiu a necessidade imperiosa de se posicionar e de se orientar em seus deslocamentos. Para atingir tal mister, o homem, inicialmente, orientou-se, em seus deslocamentos próximos ao local em que habitava, utilizando-se das estrelas que embelezavam a abóbada celeste, bem como de referências físicas existentes ao longo dos trajetos que percorria. Todas as civilizações, desde o homem das cavernas, mostraram extraordinária atração em relação ao céu e suas entidades, quer sob o aspecto místico, quer do ponto de vista do desenvolvimento científico. As civilizações egípcia e grega, por exemplo, proporcionaram as bases para a fundamentação da astronomia moderna.

Além da necessidade de posicionamento e orientação, também brotou a carência de registrar os itinerários e os pontos de referências utilizados pelos homens em seus deslocamentos, estes sucessivamente alcançando maiores distâncias em relação ao ponto de partida. Por outro viés histórico, credita-se a origem das medições no espaço geográfico, para atendimento às finalidades úteis ao sistema econômico produtivo na agricultura, como tendo início no antigo Egito. Nas margens do rio Nilo desenvolvia-se intensa atividade agrícola que requeria a definição de limites das terras, levantamentos cadastrais e avaliações de áreas rurais, além da necessidade de novas demarcações em função das enchentes deste famoso rio após os períodos de chuvas intensas.

Mediante a atividade de **mapeamento**, definida como sendo um conjunto de operações de levantamento, construção e reprodução das cartas de uma determinada região do espaço geográfico georeferenciado. As Cartas Topográficas são confeccionadas mediante um levantamento topográfico regular no terreno e que contém, além da forma (contorno e relevo), os acidentes naturais e artificiais, permitindo a medida sobre as mesmas, facilmente e com precisão, de distâncias, ângulos, a posição de pontos (coordenadas), avaliação da área, etc. Podem ser cartas topográficas planimétricas, altimétricas ou planialtimétricas.

02 AGRIMENSURA, GEODÉSIA E TOPOGRAFIA

A **Agrimensura**, a **Geodésia** e a **Topografia** são ciências experimentais que guardam entre si vínculos complementares, cujos objetivos e extensão do campo de atuação apresentar-se-á brevemente a seguir.

A **Agrimensura** trata das medidas das superfícies agrárias, resultando na origem etimológica do termo: “medida dos campos”. É uma atividade de engenharia de geomensura cujo objetivo é tratar de todas as questões relacionadas com a medição e a divisão de terras, envolvendo aspectos de legislação, marcha processual para a execução dos trabalhos, divisão e demarcação de lotes, execução das plantas cadastrais de cada lote parcelado, avaliação de áreas ou superfícies, quer seja de terras públicas, quer seja de terras privadas, bem como outras tarefas correlatas.

A **Geodésia** classicamente tem sido definida a partir de seus objetivos, como a ciência que se ocupa da mensuração da forma, das dimensões e do campo gravitacional do planeta Terra.

O problema geodésico, de natureza físico-geométrica, em primeira análise, pode ser tratado como o da definição de um sistema de coordenadas em que fiquem caracterizados os pontos descritores da superfície física da Terra. Nesta perspectiva, a **Geodésia** se ocupa dos processos de medida e especificação para levantamento e representação cartográfica de uma grande extensão da superfície terrestre, correspondente às áreas de um Estado ou de um País, projetada numa superfície de referência, geométrica e analiticamente definida por parâmetros, variáveis em número, de acordo com a consideração sobre a forma da Terra.

No desenvolvimento do estudo da Geodésia, se considera a superfície de referência como sendo o *Elipsóide de Revolução*, com os parâmetros **a** e **b** (raios polar e equatorial, respectivamente), numericamente determinados a partir de levantamentos geodésicos realizados em diversas partes do planeta Terra.

A **Topografia**, cuja etimologia do termo significa "*descrição do lugar*", é, classicamente, definida como sendo a ciência que estuda uma área limitada da superfície terrestre, com a finalidade de conhecer sua forma (quanto ao contorno e ao relevo) e a posição que a mesma ocupa no espaço geográfico georeferenciado, sem levar em consideração no tratamento dos dados medidos no campo a curvatura da Terra. Para alcançar seu objetivo primordial, a Topografia fundamenta-se no conhecimento dos instrumentos e dos métodos que se destinam para efetuar a representação do terreno sobre uma superfície plana de projeção denominada de plano topográfico.

A Geodésia e a Geografia estão intimamente vinculadas à Topografia, utilizando originalmente de observações astronômicas para a localização dos pontos situados na superfície terrestre e representá-los nas cartas geográficas, posteriormente os levantamentos geodésicos passaram a aplicar processos rigorosos nas medidas, só possíveis com o emprego de instrumental detentor de grande precisão que foram desenvolvidos.

A Geodésia determina, com elevado grau de precisão, as coordenadas geográficas de uma rede de pontos, denominados de pontos de Laplace, implantada sobre a superfície terrestre. Estes pontos caracterizam malhas geodésicas com geometria constituída por triângulos justapostos, por polígonos com vértice central ou por quadriláteros, materializadas na superfície terrestre e justaposta à do Elipsóide de Revolução Terrestre. É, portanto, uma ciência que abrange a totalidade ou seja, seu campo de atuação é toda a superfície planetária, ao passo que a **Topografia** se ocupa do detalhe de cada malha ou quadrícula.

A **Topografia** admite, simplificando, que as malhas são planas para poder utilizar os procedimentos matemáticos da Geometria e da Trigonometria Plana, detalhando as áreas em questão e estabelecendo vinculação entre os pontos topográficos situados na área levantada com as coordenadas de referência dos pontos da rede geodésica.

Não resta dúvida que estas ciências se complementam para estabelecer a harmonia do conjunto, do qual resultam as plantas, as cartas e os mapas, produtos denominados tematicamente de topográficos.

03 A EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA DO INSTRUMENTAL

3.1 Período ótico-mecânico

As civilizações egípcia, grega, árabe e romana nos legaram instrumentos e processos que, embora primitivos, serviam para descrever, delimitar e avaliar propriedades rurais, com finalidades cadastrais. Na História da Topografia, de autoria de Aimé Laussedat, são mencionadas plantas e cartas militares e geográficas bem interessantes, organizadas nos primórdios da Topografia, ou melhor, na fase da denominada *Geometria Aplicada*. Porém, somente nos últimos séculos, a Geodésia e a Topografia, que passaram a ter uma orientação mais orgânica, saíram do empirismo para as bases de uma autêntica ciência, graças ao desenvolvimento notável que tiveram especialmente a Física, a Matemática, a Microeletrônica e a Informática.

A Carta da França, publicada no início do século XIX pela Academia Francesa e compilada pelo astrônomo francês João Domingos Cassini, é o primeiro trabalho executado com técnica e estilo próprios. Os aperfeiçoamentos da mecânica de precisão introduzidos nos instrumentos topográficos, devidos principalmente aos geniais estudos do engenheiro suíço Henrique Wild, do geodesta italiano Ignazio Porro, de Carl Zeiss, Pulfrich, Oriel, das importantes contribuições da Casa Zeiss, e de tantos outros, contribuíram eficazmente para o progresso crescente da aplicação dos métodos desenvolvidos pela Topografia, principalmente no extraordinário aperfeiçoamento da técnica da fotogrametria terrestre e aérea, assim como, na atualidade, do uso de satélites artificiais. A utilização de satélites artificiais para posicionamento e orientação vem apresentando crescente utilização na maioria dos grandes levantamentos topográficos, pela exatidão, presteza, confiabilidade e custo mais reduzidos na realização de trabalhos de mapeamento.

Os progressos realizados na parte ótica dos instrumentos (devidos a Kepler, Ignacio Porro, Carl Zeiss, Henrique Wild e outros), na medida das distâncias (devidos a Ignacio Porro, Bessel, Jaderin e outros); na leitura de ângulos horizontais e verticais (devidos a Vernier e Pierre Nonius, Bauerfeind, Zeiss, Wild e outros), nos métodos de levantamentos topográficos (devidos às contribuições de Pothénot, Snellius, Hansen e outros), na avaliação mecânica das áreas (devido aos aparelhos Amsler, Coradi, Galileo e outros), deram à Topografia o valor que realmente tem como ciência e como técnica no levantamento topométrico preciso do terreno e na representação gráfica equivalente, servindo como apoio ao desenvolvimento de qualquer projeto de Engenharia, Agrimensura e Arquitetura.

3.1 Período da microeletrônica e da informação automatizada - informática

O espírito aventureiro do homem levou-o a grandes deslocamentos, exigindo o desenvolvimento de instrumentos e métodos de medidas que foram adquirindo, com o ecoar do tempo, elevado grau de sofisticação, tal como, em nossos dias, tem-se os denominados receptores GPS, que utilizam sinais emitidos por satélites artificiais que

orbitam em torno do nosso planeta Terra. Estes receptores permitem, de maneira rápida e precisa, a determinação da posição de pontos situados em qualquer região da superfície terrestre, assim como uma navegação segura (posicionamento e orientação), quer em ambiente marítimo, quer em ambiente terrestre, quer em ambiente do espaço aéreo, quer no espaço sideral – além da fronteira externa da atmosfera terrestre.

A modernização dos instrumentos topográficos deve-se, fundamentalmente, ao surgimento e evolução da microeletrônica e da informática. O eletrônico substituiu o mecânico. O instrumental ótico-mecânico – teodolitos, níveis, taqueômetros, etc. – reinou durante cerca de 450 anos. Durante esse período, os levantamentos topográficos tiveram por base a utilização de um goniômetro e de um diastímetro para a caracterização de pontos topográficos da superfície terrestre. As inovações que surgiram neste período, que resultaram em melhoria dos aspectos de confiabilidade, sensibilidade e precisão, decorreram em relação ao enfoque mecânico do instrumental.

• MEDIDORES ELETRÔNICOS DE DISTÂNCIAS – MED

A primeira grande inovação ocorreu em 1943, com o surgimento do primeiro medidor eletrônico de distância (MED) ou, simplesmente, denominado de distanciômetro eletrônico. O desenvolvimento desse instrumental deve-se ao cientista sueco E. Bergstrand, que projetou o primeiro MED, o qual ficou conhecido pela marca comercial de *Geodimeter NASM-2*, disponibilizado no mercado em 1950.

Com a chegada ao mercado dos MED's, não havia mais a necessidade absoluta de medir diretamente as distâncias entre pontos topográficos, utilizando as trenas, nem a medida indireta das distâncias por taqueometria nos levantamentos topográficos. O novo processo era simples e com precisão sub-milimétrica.

Um MED, inicialmente, devido às suas dimensões e peso, foi utilizado isoladamente. Porém, com o avanço da tecnologia, o MED passou a ser montado sobre um teodolito ótico-mecânico. Assim, o novo equipamento constituía-se de um instrumento eletrônico acoplado ao teodolito e alimentado por uma bateria. O operador mirava um prisma refratário no ponto topográfico onde este foi posicionado e disparava o raio laser infravermelho do MED, localizado em um ponto topograficamente conhecido. O raio emitido retornava ao seu ponto de partida, com a velocidade da luz (aproximadamente 300.000 km/s), possibilitando determinar, assim, a distância percorrida pelo mesmo com uma precisão de três casas decimais de forma bastante rápida. Porém, a sua utilização também tinha suas inconveniências, apesar de serem leves e versáteis: o operador, que era acostumado a fazer o levantamento topográfico medindo ângulos horizontais por deflexão, ou seja, caminhamento da esquerda para a direita, com inversão de luneta, teria que fazer a rotação sobre o eixo ou então no sentido anti-horário, ou seja, da esquerda para a direita, pois o instrumento ficava acoplado sobre a luneta. A bateria que alimentava o distanciômetro pesava mais de quarenta quilos e precisava de um veículo para transportá-los. Como nas picadas abertas em áreas florestais e em terrenos acidentados era impraticável ingressar com veículos automotores, então todo o instrumental era transportado sobre o lombo de animais ou nas costas de um operário e sua autonomia de carga era somente para um dia de trabalho, sendo então necessário um conjunto gerador para recarregá-la periodicamente.

Posteriormente, estes instrumentos originalmente lançados no mercado ficaram pouco tempo, sendo substituídos por outros mais evoluídos, tendo os mesmos ótima aceitação, por serem mais precisos e possuidores de baterias com maior autonomia de trabalho. Essa combinação do teodolito com um MED, evidentemente, aumentou muito a eficiência da coleta de dados nos trabalhos topográficos.

Estes novos modelos de distanciômetros eletrônicos se tornaram o embrião dos atuais níveis, teodolitos e estações totais eletrônicas, que vieram revolucionar, contemporaneamente a Topografia. Atualmente, os MED's, que eram acoplados aos teodolitos, estão sendo substituídos por estações totais.

Os medidores eletrônicos de distância são classificados em três classes, conforme a sua precisão, determinada pelo desvio-padrão sobre as medidas realizadas durante as etapas de estudos e testes com o equipamento.

As classes são as seguintes:

CLASSES DO MED	Desvio-padrão
1 - Precisão baixa	$\pm (10 \text{ mm} + 10 \text{ ppm} \times D)$
2 - Precisão média	$\pm (5 \text{ mm} + 5 \text{ ppm} \times D)$
3 - Precisão alta	$\pm (3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm} \times D)$

D : distância medida.

Os distanciômetros mais utilizados foram o DM 501/Kern e o Distomat Wild D13.

• TEODOLITOS E TAQUEÔMETROS ELETRÔNICOS

O impacto da microeletrônica nos teodolitos e taqueômetros eletrônicos concentra-se quase que exclusivamente no sistema de leitura dos círculos graduados e no sistema do sensor eletrônico que compensa automaticamente a inclinação do equipamento, levando-o à horizontalidade de sua base.

Na década de 70, surgiram os teodolitos eletrônicos. A diferença básica em relação aos clássicos teodolitos ótico-mecânicos consistiu na substituição do leitor ótico de um círculo graduado por um sistema de captadores eletrônicos. Nestes instrumentos, os ângulos são lidos diretamente pelo topógrafo em um visor com “*display*” de cristal líquido semelhante ao existente em uma calculadora eletrônica.

Existe o denominado *teodolito eletrônico informático* que, além de realizar as leituras angulares eletronicamente, também tem a capacidade de armazenar os dados em caderneta eletrônica ou microcomputador embutido, os quais podem ser transferidos para o computador, ou diretamente para uma estação gráfica (*plotter*).

• ESTAÇÕES TOTAIS ELETRÔNICAS

As Estações Totais Eletrônicas vieram para revolucionar a Topografia e simplificar os trabalhos de campo e escritório. A Estação Total nada mais é que um distanciômetro eletrônico geminado com um teodolito, também eletrônico, equipado com cartões magnéticos ou coletores de dados, que dispensam as tradicionais cadernetas de campo. Uma Estação Total combina todas as vantagens de um teodolito eletrônico e de um medidor eletrônico de distância (MED), anteriormente apenas acoplados, com a vantagem atual da facilidade de um controle central único.

Com este sistema, os dados observados no campo são transferidos diretamente para um microcomputador, o qual processa as informações recebidas; outra opção é armazenar os dados coletados em disquetes magnéticos, para posterior processamento no escritório, em seguida enviá-los para o periférico de impressão (“**plotter**”) para desenho das plantas e cartas topográficas. Em decorrência do acentuado avanço tecnológico do instrumental, as equipes de campo sofreram redução no número de auxiliares, tornando os trabalhos topográficos menos onerosos, rápidos, mais confiáveis e precisos. Apesar de serem instrumentos caros, se tornam viáveis em função das grandes vantagens que eles oferecem.

Através de programas específicos, as Estações Totais reduzem as distâncias inclinadas lida, corrigindo-a do efeito da temperatura e da pressão (refração), fornecendo a distância horizontal e a diferença de nível. Com o fornecimento da altitude/cota e do azimute inicial, calcula as coordenadas e a altitude/cota dos pontos visados a partir da estação.

Algumas das Estações Totais possuem programas que calcula a poligonal, fornecendo todos os dados de fechamento, inclusive o valor da área levantada topograficamente, no final do trabalho no campo. Podem também, promover a transferências dos dados calculados diretamente para um computador, para que este apenas coordene a impressão da planta topográfica.

Os principais fabricantes de Estação Total são: Leica, Nikon, Pentax, Sokkichi, Topcon, Geotronics e Zeiss.

A caderneta eletrônica é um dispositivo adicional que pode ser acoplado a um teodolito eletrônico, a um distanciômetro eletrônico ou a uma Estação Total, com a finalidade de registrar manual ou automaticamente as observações de campo e, posteriormente, transferi-los para um microcomputador ou estação de trabalho.

A operação de uma caderneta eletrônica de campo está baseada na codificação das informações (código e notas), em forma numérica ou alfa-numérica, as quais serão posteriormente armazenadas e traduzidas num microcomputador mediante a utilização de “software” específico.

Alguns teodolitos eletrônicos possuem a caderneta de campo integrada no próprio instrumento.

• NÍVEIS ELETRÔNICOS COM LEITURA EM CÓDIGO DE BARRAS

Outra grande inovação ocorreu também para os nivelamentos topográficos, com o surgimento dos níveis eletrônicos. O primeiro instrumento desse tipo foi lançado no mercado pela empresa Wild, em 1990, cujas leituras eram feitas na tradicional mira

graduada. Posteriormente, a tecnologia evoluiu para a construção de níveis eletrônicos com leituras realizadas numa mira graduada com código de barras.

O princípio de funcionamento de um nível eletrônico é o processamento unidimensional de imagens, a partir de uma mira codificada em código de barras. A leitura da mira codificada é feita através de uma rede de sensores óticos, a qual reconhece a codificação da mira através de um processo de correlação de imagens entre a imagem da mira e uma imagem padrão gravada na memória do instrumento.

• RECEPTORES GPS

O geoposicionamento utilizando ondas de rádio, para medir distâncias, foi primeiramente tentado no final dos anos 40, durante o desenrolar da 2ª Guerra Mundial. Este sistema, denominado **HIRAN** ("High Ranging"), posicionava aviões pelo processo de trilateração eletrônica (medida dos lados/distâncias por interferometria "Doppler"). Outros sistemas análogos foram posteriormente desenvolvidos, particularmente para serem utilizados em regiões costeiras. Alguns sistemas dessa classe instrumental permanecem ativos atualmente, utilizando bóias marítimas com rádio-faróis, auxiliando a localização de navios, com por exemplo o Sistema **LORAN**.

Com o advento da era espacial, iniciada em 1957, com o lançamento do satélite russo "*Sputnik*", a técnica de trilateração eletrônica terrestre evoluiu para a trilateração eletrônica espacial. Neste caso, as coordenadas dos rádio-faróis (satélites) eram determinadas pelas efemérides destes satélites, calculadas pela observância das Leis de Kepler, o que permitia determinar parâmetros orbitais consistentes e instantâneos.

A primeira constelação de satélites artificiais lançados com a finalidade específica para geoposicionamento, por intermédio de ondas eletromagnéticas emitidas pelos satélites, foi o sistema NNSS/TRANSIT ("Navy Navigation Satellite System"). Esse sistema, originariamente idealizado para localização e navegação de belonaves americanas, foi amplamente utilizado para aplicações geodésicas no mundo inteiro. Era composto por 8 satélites ativos e órbitas polares elípticas (quase circulares), com uma altitude média de 1.100 Km. Esse sistema, denominado de TRANSIT, foi o predecessor imediato do GPS. De fato, ficou ativo até o meados de 1993. O sistema, como um todo, possuía dois grandes problemas:

- 1º) Não provia cobertura mundial total;
- 2º) Havia um lapso de tempo considerável entre as passagens sucessivas de satélites para um mesmo ponto na Terra.

Com efeito, para se obter uma posição acurada, necessitava-se de dois a três dias estacionado num mesmo ponto, para a obtenção das coordenadas deste ponto com um desvio padrão de 10 a 20 metros para posições isoladas e de cerca de 1 metro, usando a técnica de translocação.

O sistema NAVSTAR/GPS foi desenvolvido para substituir o sistema TRANSIT. Esta substituição teria que ser executada para permitir a correção dos dois grandes problemas do NNSS, fornecendo, em qualquer ponto da Terra e a qualquer hora do dia, respostas para as três perguntas básicas: Qual a posição?! Em que tempo se está

trabalhando? Qual a sua direção e velocidade? As respostas precisas, em tempo real, deveriam ser decodificadas por receptores para aplicações militares.

Em 1973, a JPO ("Joint Program Office"), subordinado ao Comando da Divisão de Sistema Espacial da USAF ("United States Air Force"), recebeu a missão DoD ("Department of Defense") de estabelecer, desenvolver, testar, adquirir e empregar um sistema de posicionamento espacial para aplicação militares e capaz de gerar uma grade de coordenadas para mísseis, tendo em vista o projeto "Guerra na Estrelas". O JPO valeu-se de toda tecnologia de processamento de sinais da banda L, desenvolvido pelo MIT ("Massachusetts Institute of Technology"), que, através do Departamento de Ciência Planetária e Terrestre, havia utilizado a técnica de interferometria para rastrear o módulo lunar da Apollo 16, usando um método geodésico conhecido por VLBI ("Very Large Baseline Interferometry"). Portanto, o posicionamento de um ponto pelo método GPS é calculado com o conhecimento da distância entre a estação e o satélite. Para a determinação, com precisão, das coordenadas de pontos sobre a superfície terrestre, o método GPS utiliza dois receptores, sendo um estacionado sobre um ponto de coordenadas conhecidas. Através de uma triangulação espacial, tendo os satélites e o ponto de coordenadas conhecidas como base, determina-se as coordenadas do segundo ponto.

O sistema GPS atual é, pois, fruto destes estudos iniciais, os quais possibilitaram utilizar a fase da onda portadora da banda L (faixa de microondas de frequência em torno de 1 à 3 GHz e comprimento de onda em torno de 23 cm), para cálculo da posição por trilateração eletrônica espacial. Assim, em 1978, começou o lançamento dos primeiros satélites NAVSTAR, dando origem ao Sistema GPS, como é conhecido atualmente.

As vantagens do método GPS em relação aos outros métodos é que não há a necessidade de intervisibilidade entre os pontos da rede, as observações podem ser realizadas independentemente do horário e das condições climáticas, além do método poder atingir precisão geodésica.

04 CATÁLOGO ILUSTRADO DO INSTRUMENTAL GEODÉSICO E TOPOGRÁFICO

4.1 Conceitos orientadores

Define-se "Levantamento Topográfico" como um conjunto de métodos e processos que, através de medições de ângulos e distâncias com instrumentos adequados, implanta e materializa pontos sobre a superfície terrestre, que servirão como referência para as medidas topográficas da posição de outros pontos descritores da área em estudo, tais como árvores, postes, construções e demais detalhes topográficos pertinentes.

Tanto os levantamentos topográficos quanto os geodésicos normalmente utilizam durante as operações realizadas no terreno o sistema de coordenadas polares para a definição da posição dos pontos descritores da superfície terrestre, ou seja executando a medição de ângulos e de distâncias a partir do local de estacionamento do instrumental.

4.2 Goniômetros e goniógrafos

Os instrumentos destinados para a medida dos ângulos horizontais, genericamente chamados de **goniômetros**, que são mais utilizados nas operações de campo

são as bússolas, os trânsitos, os teodolitos, os taqueômetros, e, menos usados, os esquadros, os pantômetros e os grafômetros, enquanto que os denominados **goniôgrafos** permitem a obtenção dos ângulos horizontais mediante a sua representação gráfica para posterior medida do seu valor com o auxílio de um goniômetro de escritório (transferidor).

Os ângulos verticais são medidos por instrumentos que dispõem de círculo vertical graduado (limbo), denominados de **eclímetros**, muito embora alguns goniômetros também possam medir estes ângulos, com os teodolitos, taqueômetros, bússolas com luneta e outros. Como representantes dos eclímetros destacam-se os **clinômetros**. Os eclímetros são empregados apenas nos levantamentos expeditos, porque são instrumentos de baixa precisão.

A ilustração e uma descrição sumária dos principais tipos de medidores de ângulos que constituem o instrumental geodésico e topográfico será apresentada a seguir:

- **ESQUADROS DO AGRIMENSOR**

Os esquadros são instrumentos usados apenas para a medida de ângulos horizontais. O emprego dos esquadros está limitado ao levantamento de detalhes que admitem uma representação gráfica de baixa precisão. Destaca-se, neste texto didático, os denominados esquadros do agrimensor, que são instrumentos com a forma prismática, esférica ou cilíndrica. Os esquadros são providos de visores de pínulas situados em planos verticais diametralmente opostos e de um pé cônico para adaptação no topo de um bastão ou tripé simples de madeira. As **Figuras 1, 2 e 3** ilustram este tipo de goniômetro.

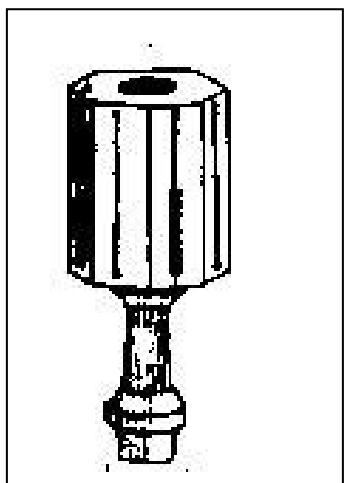


Figura 1: esquadro tipo prismático

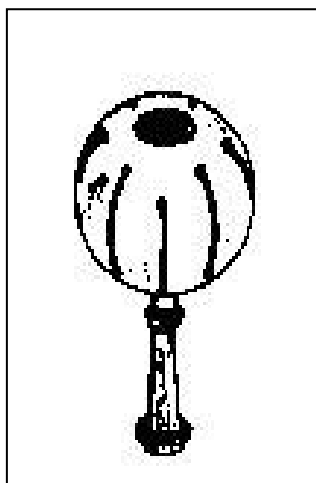


Figura 2: esquadro esférico

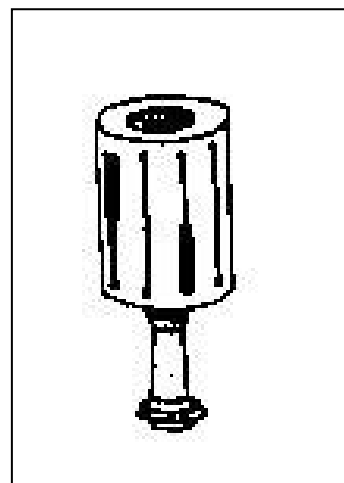


Figura 3: esquadro cilíndrico

- **PANTÔMETROS**

Os pantômetros eram utilizados para medir ângulos horizontais entre alinhamentos, em levantamentos topográficos de baixa precisão.

Os pantômetros consistem de dois cilindros ocios de mesmo diâmetro, superpostos e dispostos de forma que o cilindro localizado na parte superior (alidade

móvel) do conjunto gire sobre o cilindro inferior (alidade fixa), em torno de um eixo vertical comum aos dois cilindros.. Registrava ângulos horizontais compreendidos entre 0° e 360° . A **Figura 4** ilustra este tipo de goniômetro.

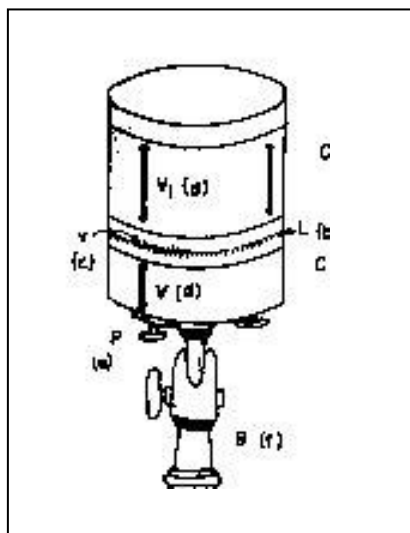


Figura 4: Pantômetro e sua base para articulação com um tripé

Fabricantes de equipamentos topográficos, aperfeiçoaram o pantômetro, dotando-o de uma bússola em seu topo, para orientação do levantamento topográfico em relação à direção da linha meridiana magnético local indicada pela “linha de fé” da agulha imantada da bússola. Também adicionaram parafusos calantes com a função de promoverem a verticalidade do eixo dos cilindros. A Figura 5 mostra os acréscimos realizados.

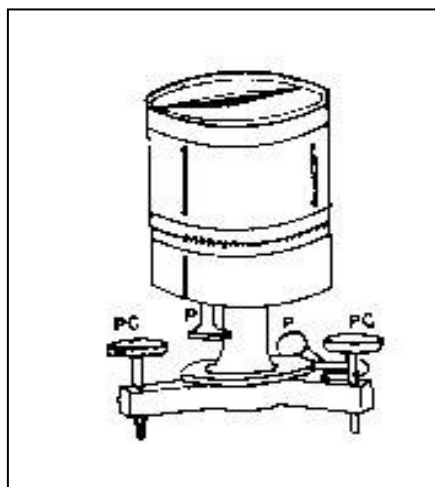


Figura 6: Pantômetro com bússola e parafusos calantes.

Acompanhando a evolução dos instrumentos topográficos, os construtores adicionaram aos pantômetros uma luneta cêntrica, de um círculo vertical graduado e um

nível calante. Com os acréscimos, os pantômetros passaram a ser utilizados para medida de ângulos horizontais e verticais, além da orientação angular em relação à direção da linha meridiana magnética local. Passam a possuir melhores condições para a verticalidade do seu eixo dos cilindros, com a utilização do nível e dos parafusos calantes. A **Figura 7** ilustra estes avanços tecnológicos.

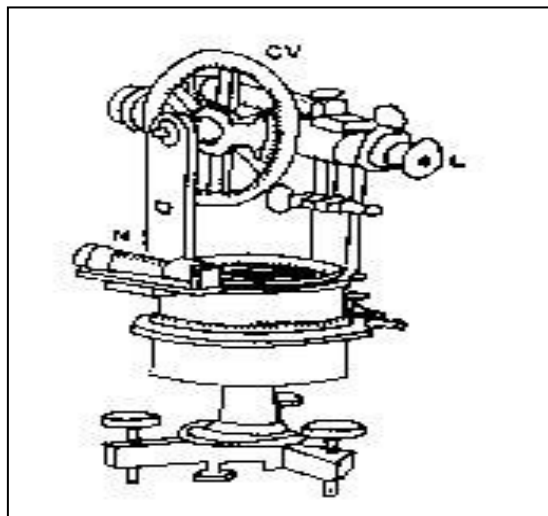


Figura 7: Pantômetro com bússola, luneta, círculos graduados, parafusos e nível calantes.

• ESQUADROS DE REFLEXÃO

É um instrumento topográfico que serve somente para medir ângulos horizontais retos. Também denominado de esquadro de espelhos, é constituído de uma caixa de fundo plano, com paredes verticais de espelhos, os quais formam entre si um ângulo de 45° . Possui em cada parede uma abertura (janela) para permitir as visadas diretas. É utilizado para marcar direção perpendicular a um alinhamento reto. A **Figura 8** ilustra este goniômetro.

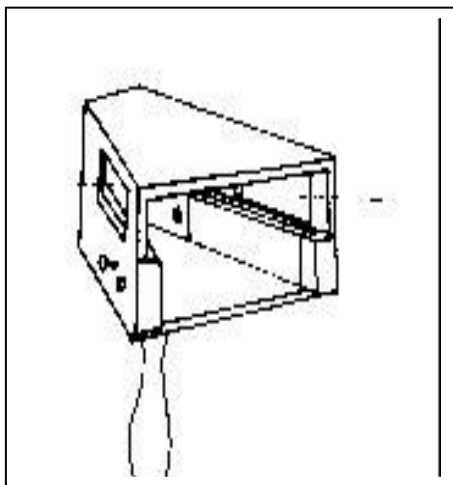


Figura 8: Esquadro de reflexão ou de espelhos

- **BÚSSOLAS**

A bússola é um tipo de goniômetro destinado a medir diretamente ângulos horizontais magnéticos, denominados **azimutes**. Uma bússola é constituída pelas seguintes partes principais: agulha imantada, um círculo horizontal graduado de 0° até 360° e um dispositivo de apoio e suspensão, conforme ilustra a **Figura 9** este tipo de instrumento.

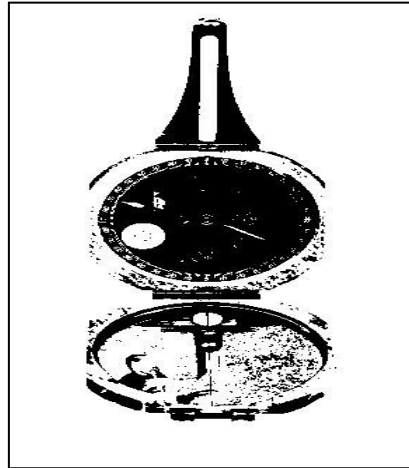


Figura 9: Bússola geológica, tipo Brompton, com pínulas

Tal como aconteceu evolutivamente com os pantômetros, as bússolas sofreram seu progresso tecnológico. Existem vários tipos de bússolas, tais como:

- **Bússola de mão:** usadas em levantamentos topográficos expeditos. De baixa precisão, não possuindo órgão de apoio (tripé).
- **Bússola do agrimensor:** apoiadas em tripé possuindo círculo horizontal graduado solidário a uma luneta excêntrica associada a um semicírculo vertical graduado, podendo ser utilizada para operações de nivelamento.
- **Bússola topográfica:** apoiadas em tripé, porém sem semicírculo vertical graduado, estas bússolas apresentam luneta cêntrica ou excêntrica
- **Bússola taqueométrica:** possui semicírculo vertical graduado associado a uma luneta estadimétrica, permitindo, além das leituras de ângulos horizontais e verticais, a medida indireta das distâncias com o auxílio complementar de uma régua graduada localizadas em posição vertical nos pontos topográficos de detalhes. As bússolas taqueométricas permitem realizar levantamentos topográficos planialtimétricos. A luneta, denominada de estadimétrica, possui retículo com três fios estadimétricos que permitem, de forma associada com o valor do ângulo vertical, a determinação da distância horizontal. As medidas são

efetivadas com a bússola apoiada num tripé topográfico. A **Figura 10** ilustra o instrumento descrito.



Figura 10: Bússola estadimétrica

- **GRAFÔMETROS**

É um tipo de goniômetro que mede ângulos horizontais, possuindo semicírculo graduado nos dois sentidos, alidade de pínulas como órgão de visada, bem como uma bússola adaptada na estrutura do grafômetro. Trabalha apoiado em tripé. A **Figura 11** ilustra este tipo de goniômetro.

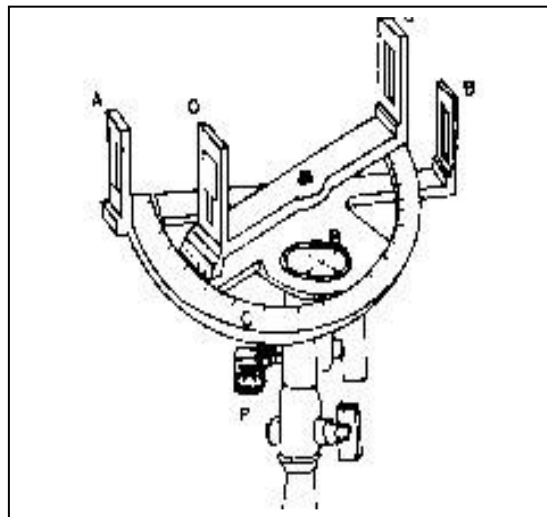


Figura 11: Grafômetro com alidade de pínulas e bússola.

Seguindo a linha evolutiva do instrumental topográfico, o grafômetro recebeu os acréscimos tecnológicos de uma luneta, tornando-se um instrumento ótico-mecânico. O

grafômetro pode medir, além de ângulos horizontais, valores correspondentes a ângulos verticais, isto porque o joelho da concha permite a inclinação do semicírculo graduado até ocupar a posição de um plano vertical, conforme pode ser verificado na **Figura 12**.

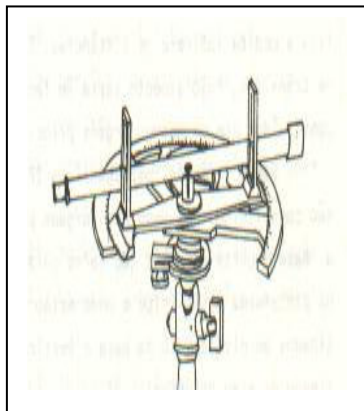


Figura 12: Grafômetro com órgão visor tipo luneta e tipo pínulas.

- **ALIDADE DE PRANCHETA**

Trata-se, a rigor, de um goniógrafo. Denomina-se **goniógrafo** a todo instrumento capaz de determinar ângulos horizontais através do registro gráfico das projeções das linhas de visada sobre um plano horizontal. A **Figura 13** ilustra o tipo mais utilizado de goniógrafo é a prancheta topográfica, a qual é constituída essencialmente de uma prancheta de madeira para apoio de papel, régua para o desenho do levantamento topográfico e de uma alidade, apoiada num tripé. Existem diversos tipos de prancheta com alidade, umas tendo apenas um órgão de visor dotado de pínulas, outras com luneta sem círculo vertical graduado; outras alidades possuem uma luneta dota com retículo estadimétrico para medida indireta das distâncias horizontais.

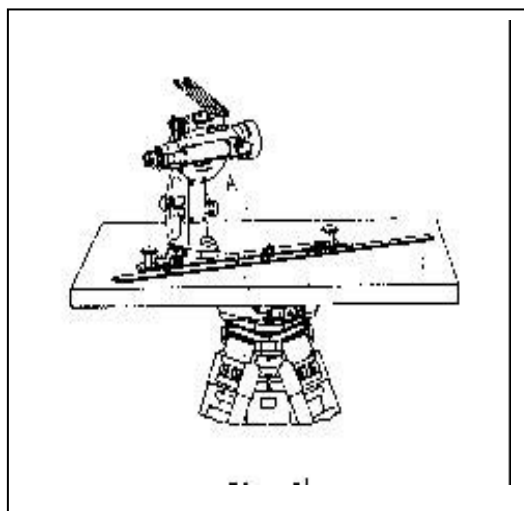


Figura 13: alidade de prancheta, tipo topográfica.

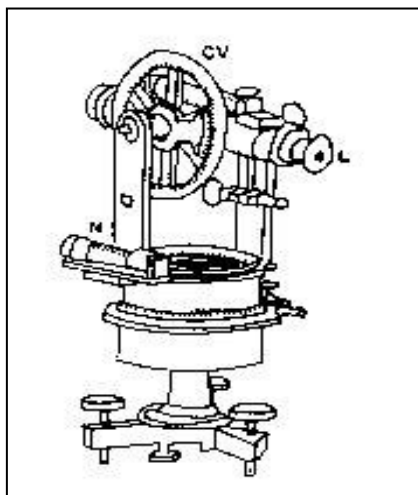
- **TRÂNSITOS**

Os trânsitos são goniômetros de precisão que medem apenas ângulos horizontais. Possuem em sua estrutura mecânica um conjunto de órgãos principais, tais como luneta, círculo horizontal graduado, parafusos e níveis calantes, micrômetro, declinatória, prumo mecânico, parafusos de pressão e de chamada, etc. Nos modelos mais antigos, a leitura angular era externa, ou seja, realizada sem auxílio de microscópio e de espelho para iluminação interna do círculo horizontal graduado. Trabalham apoiados em tripé topográfico.

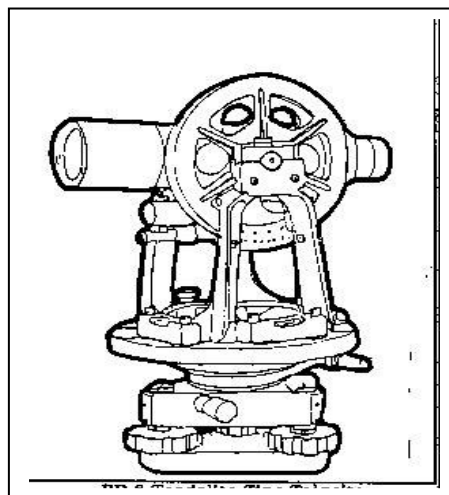
- **TEODOLITOS**

São também goniômetros de precisão, servindo para medir ângulos de qualquer natureza, horizontais e verticais, sendo mais aperfeiçoados que os trânsitos. Possuem órgão de visada – luneta e microscópio de leitura, órgãos de leitura – círculos graduados horizontal e vertical, com leituras auxiliadas por micrômetro (vernier), órgãos de orientação – declinatória, órgão para centralidade do eixo vertical – prumo ótico, mecânico ou a *laser*, órgãos de calagem – parafusos e níveis calantes, órgão de apoio e sustentação (base do aparelho para suporte num tripé topográfico), parafusos de pressão e de chamadas – para melhor operar o teodolito, espelho para iluminação interna dos círculos graduados, etc.

Os **teodolitos mecânicos** e os trânsitos tinham como acessório básico uma bússola para a medida de ângulos horizontais magnéticos – **Azimuthes** e **rumos**; nos **teodolitos ótico-mecânicos** foram utilizadas bússolas e, posteriormente, declinatórias; nos **teodolitos eletrônicos** os círculos graduados foram substituídos por leitores eletrônicos, utilizando sensores com diodos, sendo os valores medidos e registrados em *displays* de cristal líquido. A orientação dos levantamentos topográficos é realizada com o auxílio de uma declinatória. As **Figuras 13, 14, 15, 16, 17 e 18** ilustram a evolução dos teodolitos.



(a)



(b)

Figura 13: teodolito com leitura externa e com bússola para orientação magnética

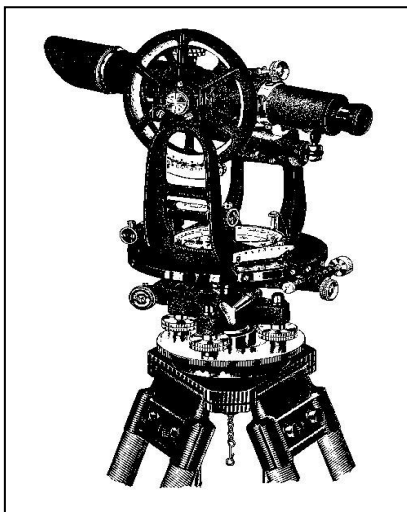


Figura 14: teodolito e seus diversos órgãos
Componentes



Figura 15: Teodolito ótico-mecânico.
Versão mais moderna



Figura 16: ilustração comparativa da evolução tecnológica
dos teodolitos ótico-mecânicos



Figura 17: Teodolito eletrônico, marca
Nikon



Figura 18: Teodolito eletrônico,
marca Topcon

- **ECLÍMETROS**

Os eclímetros são instrumentos topográficos que são utilizados para a medida de ângulos descritos num plano vertical, sejam ângulos de inclinação da linha de visada através de uma luneta ou pínulas, sejam declividades.

Os eclímetros que registram ângulos verticais em graus recebem a nomenclatura de *clinômetros*, enquanto que os eclímetros que medem diretamente as tangentes dos ângulos verticais recebem a denominação de *clisímetros*.

Os eclímetros são empregados nas operações topográficas para execução de nivelamentos trigonométricos, estes pertencentes à classe de nivelamentos expeditos, em razão de possuírem precisão reduzida. Existem vários tipos de *clinômetros*, a saber:

- **Clinômetro de Gurlay**

Consta de uma régua que pode ser fixada por parafusos em uma posição horizontal e de uma segunda régua, com nível de bolha e móvel em relação à régua horizontalizada, que gira no plano vertical em torno do centro de um semicírculo graduado em graus. É utilizado para medição de ângulos verticais mediante seu apoio em um bastão de madeira que possibilita melhor condição de operação com este tipo de eclímetro. A **Figura 19** ilustra este tipo de goniômetro.

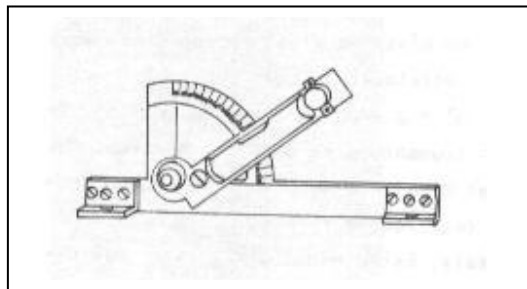


Figura 19: Clinômetro de Gurlay

Existe uma variante do clinômetro de Gurlay, que consiste numa versão adaptada para apoio num tripé e com órgão visor de pínulas. Estas adaptações tecnológicas oferecem maior precisão as medidas angulares verticais. A **Figura 20** ilustra esta evolução tecnológica.

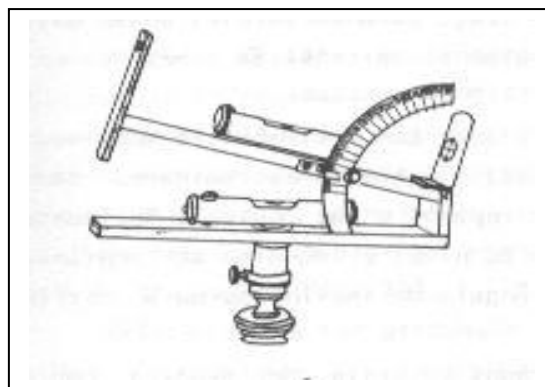


Figura 20: Detalhes dos acréscimos tecnológicos ao Clinômetro de Gurlay

- Clinômetro de Abney

Os clinômetros deste tipo são apoiados em bastão de madeira com altura que permita ao topógrafo posição confortável para a realização das visadas. São utilizados para operações de nivelamentos expeditos em função da baixa precisão que oferecem. A **Figura 21** ilustra a constituição básica de um clinômetro de Abney: tubo com seção transversal quadrada e oca, tendo numa extremidade um visor com um orifício central e na outra uma pínula horizontal disposta de tal maneira que o orifício e a pínula constituem a linha de visada. Possui também um semicírculo graduado, nível de bolha e parafuso de chamada.

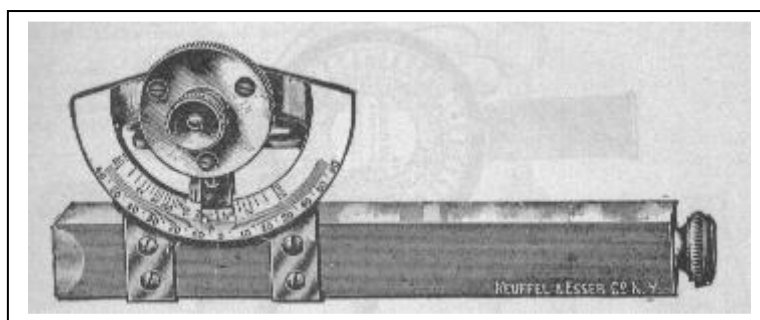


Figura 21: Clinômetro de Abney e seus detalhes construtivos

4.3 Instrumental para medida de distâncias

Durante os levantamentos topográficos são utilizados instrumentos para a medida das distâncias, quer horizontais, quer verticais e, até mesmo, inclinadas segundo a declividade do terreno.

O instrumental utilizado pode possibilitar medidas diretas das distâncias ou indiretas, estas segundo vários procedimentos operacionais. O instrumental para medida das distâncias são classificados em:

4.3.1 Diastímetros

Os instrumentos utilizados para a medida direta da distância e que são aplicados no terreno ao longo da linha de visada são genericamente designados por *diastímetros*. São eles: trenas, fitas de aço, cadeias do agrimensor, os passômetros e os podômetros. Na topografia de precisão existem outros tipos de diastímetros, denominados de *basímetros*, constituídos por réguas metálicas e pelo denominado fio de invar. As figuras seguintes ilustram cada tipo de diastímetro, acompanhados de uma descrição sumária.

• PASSÔMETRO E PODÔMETRO

Os passômetros e os podômetros são instrumentos que registram, respectivamente, o número de passos ou de metros percorridos pelo topógrafo ao longo de um alinhamento. Assemelha-se a um relógio, conforme ilustram as figuras seguintes.

Aprisionado à cintura do operador e acionado por um contrapeso, um pêndulo transmite ao passômetro a oscilação decorrente à passada dada pelo topógrafo ao longo de determinado percurso, de modo que os ponteiros existentes no instrumental registrem a contagem do número de passos dados na extensão percorrida.

O podômetro apresenta as mesmas características construtivas do passômetro, com a diferença de contar com um dispositivo que serve para o controle da intensidade de oscilação do pêndulo, de modo que o registro de uma graduação corresponda efetivamente a um metro de extensão. Ao final do trajeto percorrido, o podômetro estima a distância percorrida pelo operador.

Geralmente utilizam-se duas unidades, dois passômetros ou dois podômetros, para um melhor controle da qualidade de avaliação das extensões percorridas.

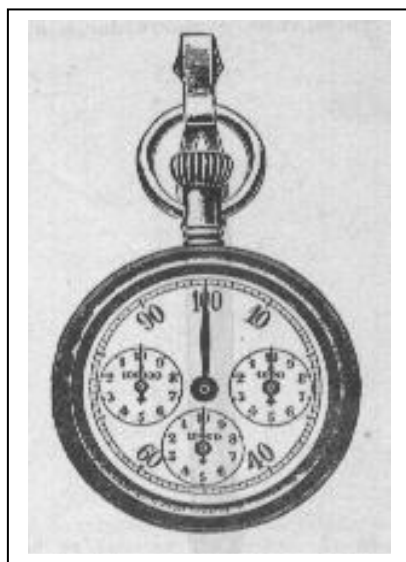


Figura 22: Passômetro

- **CADEIA OU CORRENTE DE AGRIMENSOR**

A cadeia ou corrente de agrimensor consiste de um conjunto de elos, denominados de *fuzis*, cada um com 0,20 m de extensão. A cadeia de agrimensor compõe-se de 100 fuzis de aço ou de ferro galvanizado, tendo um comprimento total de 20 m.. Geralmente, a cada 2 m há uma placa de latão numerada ou um pendente metálico para facilitar a leitura da distância. A **Figura 23** mostra este tipo de diastímetro.

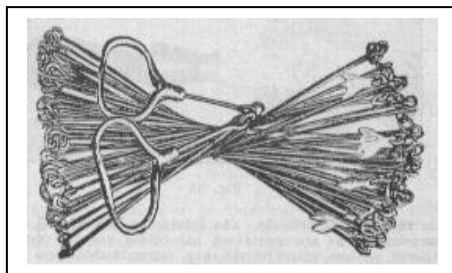


Figura 23: Corrente ou cadeia de agrimensor

- **FITA DE AÇO**

É o tipo de diastímetro mais preciso para a medida das distâncias. Uma fita de aço consiste de uma lâmina de aço especial, com 20 m de comprimento e 10 mm de largura, graduada de metro em metro, apresentando subdivisões em decímetros e centímetros. Existe uma variante da fita que é a fita de aço com cabo, utilizada para levantamento de detalhes. São também denominadas de *trenas de aço*.

As **Figuras 24 e 25** ilustram este tipo de diastímetro.

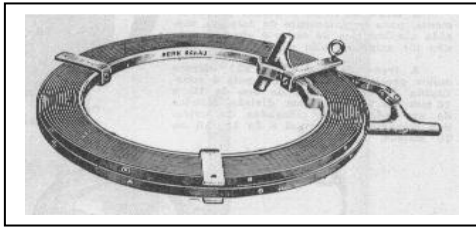


Figura 24: Fita de aço

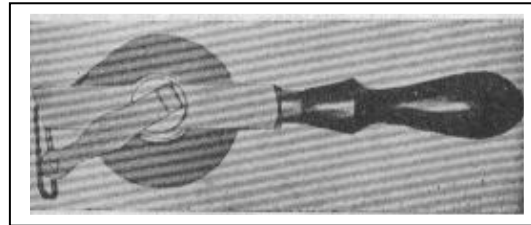


Figura 25: Fita de aço com cabo

- **TRENAS**

É o tipo de diastímetro mais utilizado nos levantamentos topográficos para atendimento às necessidades da engenharia civil. Trata-se de uma fita graduada de metro em metro, apresentando subdivisões em decímetros e centímetros. Pode ser constituída em lona, fibra de vidro ou aço. Com comprimentos, geralmente, de 10 m, 20 m e 50 m. Na atividade prática utiliza-se bastante a trena com 2 m de comprimento. As Figuras apresentadas a seguir ilustram os vários tipos de trenas e cabos.

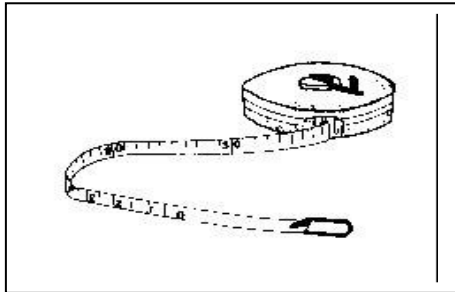


Figura 26: Trena de pano

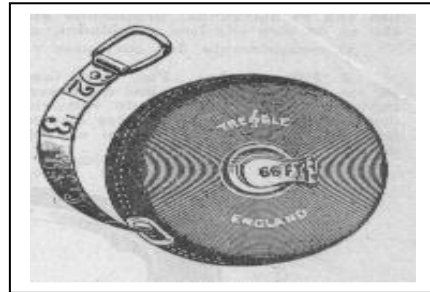


Figura 27: Trena de lona



Figura 28: Trena ou cabo de agrimensura, em fibra de vidro

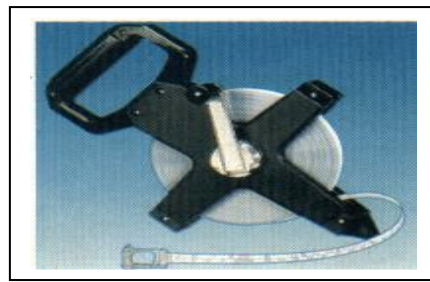


Figura 29: cabo de agrimensura, com carretel

- **MIRAS**

As miras são réguas de madeira ou de alumínio usadas nas operações topográficas altimétricas e planialtimétricas, que tem como finalidade a caracterização do relevo topográfico de um terreno ou ao longo de uma direção preferencial – perfil topográfico.

São usadas nas operações de nivelamento para a determinação de distâncias verticais, medidas entre a projeção do traço do retículo horizontal da luneta na mira e o ponto do terreno onde a mira está instalada. Existem vários tipos de mira e de materiais que as constituem. As **Figuras 30 e 31** ilustram este tipo de instrumento. Atualmente dispõe-se de miras que apresentam graduação na forma de código eletrônico de barras.

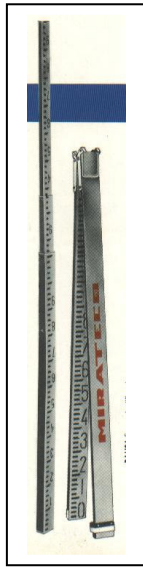


Figura 30: Mira tipo falante, telescópica ou dobrável

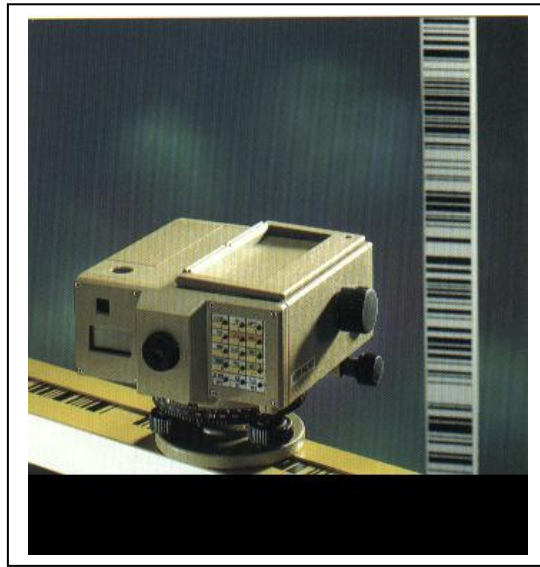


Figura 31: Mira graduada em código de barras

4.3.2 Medidores óticos

A medida das distâncias é feita em função da medida de outras grandezas com ela relacionadas matematicamente, baseadas na resolução de triângulos retângulos (operações de nivelamento trigonométrico) ou isósceles (operações taqueométricas), bem como em princípios geométricos fundamentados em paralelismo de planos horizontais (nivelamento geométrico). Destaca-se, dentre o grupo de medidores óticos, os teodolitos, os taqueômetros estadimétricos e os níveis, auxiliados por uma régua graduada centimétrica (mira).

Os teodolitos, auxiliados por uma régua graduada centimétrica (mira), são utilizados nas operações de nivelamento trigonométrico, cuja finalidade é a determinação das alturas dos pontos topográficos descritores do terreno mapeado.

Os taqueômetros estadimétricos são teodolitos com luneta portadora de retículo estadimétrico, este constituído de três fios horizontais ou verticais, paralelos e eqüidistantes, em vez de apenas um fio horizontal (denominado de fio nivelador) e outro vertical (denominado de fio balisador) próprios de um teodolito comum e utilizados nas

operações trigonométricas. A introdução dos fios estadimétricos permitiu a determinação indireta das distâncias, a partir das leituras correspondentes às alturas dos fios projetados sobre uma régua graduada centimétrica (mira) e do correspondente ângulo vertical descrito ao visualizar-se o retículo estadimétrico sobre a mira disposta verticalmente. A **Figura 32** ilustra um modelo de taqueômetro, tipo eletrônico.



Figura 32: Taqueômetro eletrônico de redução, marca Wild (acoplado com MED)

Os níveis são instrumentos topográficos usados para a determinação de diferenças de atitudes ou de cotas entre pontos da superfície terrestre. Os níveis podem ser classificados, segundo o órgão visor de que são dotados,, em níveis de luneta, níveis de visor de pínulas e níveis sem órgão visor. Nas operações de nivelamento são utilizados conjuntamente com uma mira. Podem também ser classificado em níveis ótico-mecânicos eletrônico-digitais. As **Figuras 33, 34, 35, 36, 37 e 38** apresentam diversos tipos de níveis.

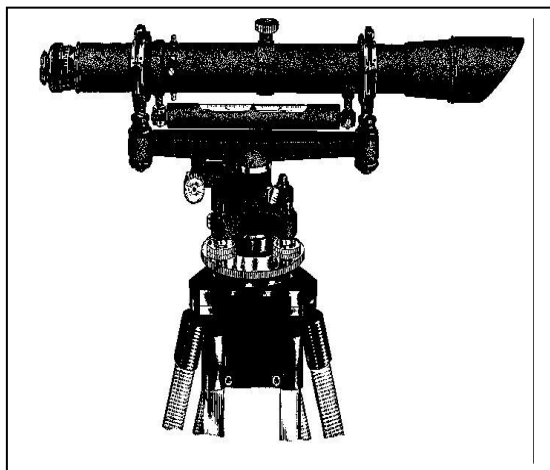


Figura 33: Nível de engenheiro, com luneta e apoiado em tripé.

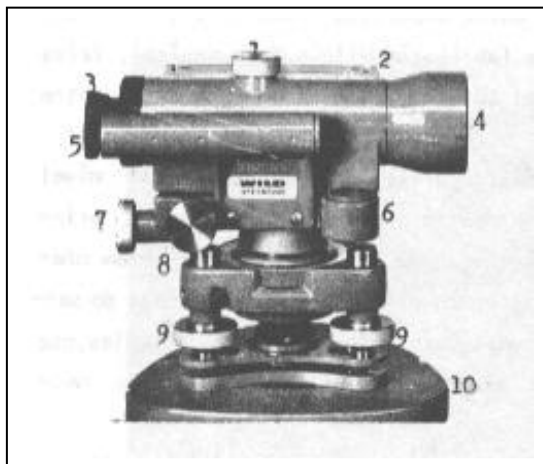


Figura 34: Nível automático N1K, marca Wild



Figura 35: Nível ótico-mecânico, marca Nikon



Figura 36: Nível ótico-mecânico, marca Sion (BR)



Figura 37: Nível eletrônico digital, marca Elta

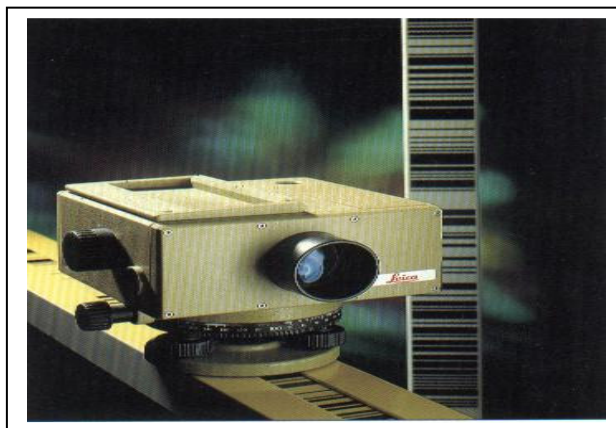


Figura 38: Nível eletrônico digital com mira em código de barras

4.3.3 Medidores eletrônicos de distâncias

A medida eletrônica de distâncias é realizada com instrumentos que utilizam o comprimento de onda do espectro eletromagnético correspondente à faixa da luz visível ou microondas. São designados pelas expressões: **medidor eletrônico de distância – MED** ou **distânciômetro eletrônico**. Portanto, o distânciômetro eletrônico é um dispositivo que mede a diferença de fase entre ondas eletromagnéticas transmitidas, retransmitidas e recebidas, de frequência e velocidade conhecidas, permitindo o cálculo da distância entre dois pontos. As **Figuras 39, 40 e 41** ilustram modelos de distânciômetros eletrônicos utilizados para medição automática de distâncias.

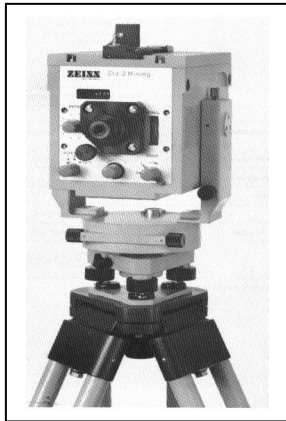


Figura 39: Modelo ELDI 2 MINING, marca Zeiss

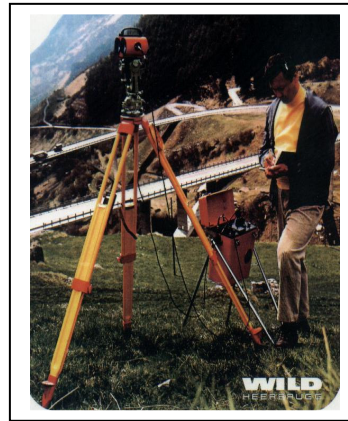


Figura 40: Modelo Wild DI 10, acoplado a um teodolito



Figura 41: Modelo DM-S2/S3, marca TOPCON

- **ALTÍMETROS**

Existe uma classe de instrumental topográfico que é utilizada nas operações altimétricas e cujo princípio de funcionamento baseia-se na relação que há entre a altitude e

a pressão atmosférica. Estas operações topográficas caracterizam o método altimétrico *barométrico*, de grande importância nos reconhecimentos de terrenos para a avaliação rápida e satisfatória das altitudes. Os instrumentos utilizados são denominados de barômetros, aneróides e altímetros que durante os nivelamentos são auxiliados por termômetros para registro local da temperatura. As **Figuras 42, 43 e 44** mostram vários tipos desta classe de instrumentos topográficos.

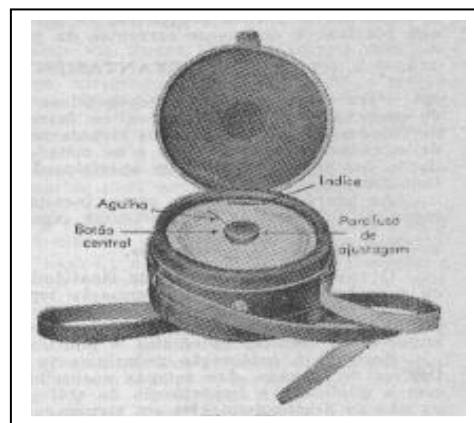


Figura 42: Aneróide antigo, com termômetro interno **Figura 43:** Altímetro Paulin de precisão interno

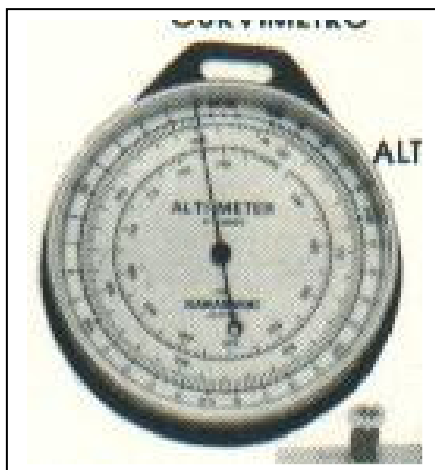


Figura 44: Modelo mais moderno de altímetro

• ESTAÇÕES TOTAIS

São equipamentos modernos, resultantes da conjugação de um *distanciômetro eletrônico* com um *teodolito*, também eletrônico. Uma Estação Total combina todas as vantagens de um teodolito eletrônico e de um medidor eletrônico de distância (MED), anteriormente apenas acoplados, com a vantagem atual da facilidade de um controle central único e de grande capacidade de memória para registro das observações de campo. As **Figuras 45 e 46** mostram alguns modelos de estação total que utilizavam um

medidor eletrônico de distâncias acoplado a um teodolito, com sistema operacional independente.

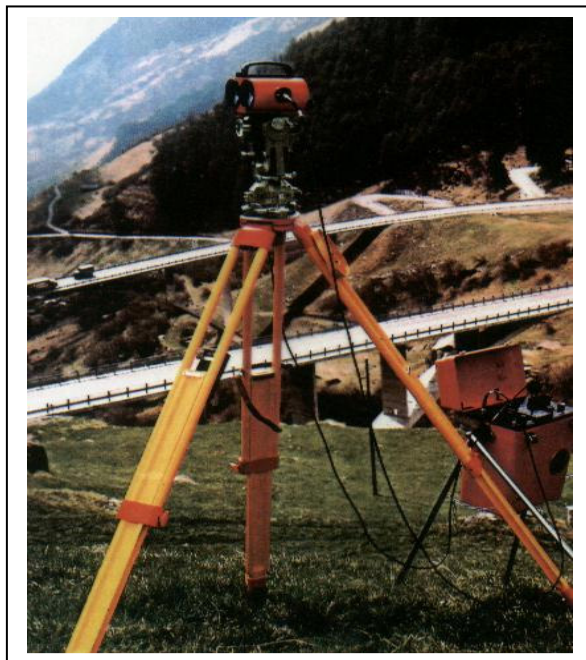


Figura 45: MED acoplado a um teodolito ótico-mecânico (modelo antigo).
Nota-se a bateria de alimentação, possuindo grandes dimensões



Figura 46: Modelo mais moderno de MED acoplado a um teodolito eletrônico, porém com sistemas operacionais independentes.

As **Figuras 47 e 48** ilustram os modelos mais recentes de estações totais, que possuem sistema operacional único e baterias de dimensões reduzidas e com grande autonomia de carga.



Figura 47: Estação Total, marca Sokkia



Figura 48: Estação Total modelo Elta 50, marca Zeiss

- **RECEPTORES GPS**

Os receptores GPS pertencem a uma classe de instrumental que se encontra, atualmente, no topo da evolução tecnológica. São destinados para posicionamento e navegação. Os receptores GPS utilizados para as atividades de posicionamento na Geodésia e na Topografia são designados, respectivamente, de receptores geodésicos e de receptores topográficos.

Atualmente, o Sistema GPS é utilizado para os mais diversos propósitos e pelos mais variados tipos de pessoas e de profissionais. Existem diversos tipos de receptores GPS, marcas e modelos, cuja utilização é função da finalidade do usuário. É pelo fato da diversidade de receptores no mercado e das inúmeras necessidades de seus usuários, é necessário conhecer os diferentes modelos existentes para uma escolha acertada do receptor. As Figuras apresentam a seguir ilustram alguns tipos e modelos utilizados para as atividades de topografia e geodésia..



Figura 49: Receptor GPS com precisão métrica



Figura 50: Receptor GPS – com precisão métrica

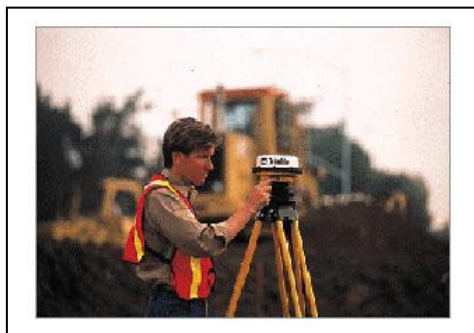


Figura 51: Receptor GPS – com precisão centimétrica



Figura 52: Receptor GPS - RTK



Figura 53: Receptor GPS - Geodésico

- **ACESSÓRIOS TOPOGRÁFICOS**

Inúmeros são os acessórios usados como auxiliares nos levantamentos topográficos. Desde marretas para cravação de piquetes e de estaca-testemunhas até os modernos rádios transmissores de emprego nas atividades, por exemplo, levantamentos topográficos com receptores GPS. As Figuras apresentadas a seguir ilustram alguns dos acessórios topográficos de uso mais generalizado nas operações topográficas.



Figura 54: Declinatoria

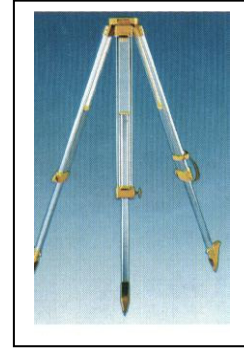


Figura 55: Tripé de alumínio



Figura 56: Prismas



Figura 57: Placa plano-paralela

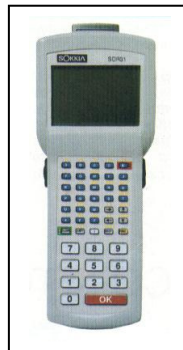


Figura 58: Coletor eletrônico



Figura 59: Nível de cantoneira