A evolução da topografia através dos tempos

GRUPO 01

Os métodos mais antigos

O instrumento topográfico mais antigo – O prumo ótico.



A observação de um objeto pesado pendurado na extremidade de um cordel produzindo no mesmo um efeito de perpendicularidade em relação à terra, foi um fenómeno verificado pelos primeiros pensadores da antiguidade.

Sabemos que os egípcios adaptaram este princípio a práticas de construção cerca de 2600 anos antes de Cristo, tendo desde então sido concebidos os princípios dos primeiros instrumentos de posicionamento e nivelamento de estruturas rudimentares, como sendo o esquadro, e as cruzetas em chumbo e madeira.

O trabalhador de então tivera através destas descobertas uma visão mais precisa quanto à veracidade de uma linha vertical produzida por um fio-de-prumo contra uma superfície horizontal.

Os primeiros fios-de-prumo eram em pedra e a sua forma frequentemente oval, era neste tempo, um detalhe irrelevante.

Estes instrumentos simplificados continuaram praticamente inalterados durante os 4400 anos que se seguiram. Com a invenção do nível de bolha, e dados os primeiros passos no sentido da revolução industrial que permitiu o fabrico destes níveis caracterizados pela precisão e pelo seu baixo custo, iniciou-se a retirada dos instrumentos de chumbo antigos.

O então emergente nível que permitia estabelecer com facilidade, planos verticais e horizontais revelara-se como um instrumento de incontestada melhoria nas condições de trabalho rápido, preciso, e fácil de empregar.

Há no entanto algo que o nível não pode fazer facilmente a transferência exacta de um ponto entre dois planos desnivelados. Neste campo, o fio-de-prumo continua sendo um instrumento indispensável na construção moderna.

Unidades de medição antigas

· A ligação (7.92 polegadas)
· A braça (5.5 pés)
· A vara (3 braças ou 16.5 pés)



· A corrente (66 pés)
· A oitava parte da milha ou o "furrowlong" (660 pés)
· A milha (5280 pés ou 1760 jardas)
· A légua (3.125 milhas ou 16500 pés também 198000 polegadas, 25000 ligações, 3000 braças, 1000 varas de caules, 250 correntes, 25 oitavas partes da milha ou furrowlongs).

Os antigos padrões de medidas foram baseadas em medidas do corpo humano. Dobrada era a distância do cotovelo à extremidade de dedo, enquanto que as unidades de pé, palma e dedo são por si só unidades de referência evidentes.

Entre as primeiras unidades de medida institui-se o "Pé", que muito naturalmente se alterou de região para região, produzindo duas dimensões diferenciadas.

O primeiro conceito da medida "pé" fixou-se entre 246 e 252 milímetros baseados no pé do descalço de um homem. O segundo conceito de "Pé" mede entre 330 à 335 milímetros sendo este baseado nas medidas da mão.

Outras unidades derivam dos Romanos, Saxões, Anglos e Jutas que em determinados períodos invadiram Inglaterra.

A Vara, a oitava parte da Milha e o Acre, são todos de origem Saxónica. A Milha instituída é o resultado de um compromisso entre a unidade Francesa, a velha milha britânica e do "Milliarius" romano.

A origem da Vara (Rod) como unidade tradicional de medida

A unidade tradicional da distância igual a 5.5 jardas (16 pés e 6 polegadas e mais exactamente 5.02 metros).

A Vara e a oitava parte da milha eram as unidades básicas de distância empregadas pelos Anglo-saxões residentes em Inglaterra antes da conquista normanda de 1066.

Os Saxões chamavam geralmente a esta unidade o "Gyrd", uma palavra que vem até nós com o nome de uma unidade diferente, "Yard" (jarda). A Vara (Rod) é outra palavra Saxónica que significou naquele tempo o que significa actualmente: uma vara direita.

Os Normandos preferiram chamar "Gyrd" ao bastão ou vara (uma palavra de origem francesa, significando um poste ou varão). O comprimento desta vara fora estabelecido pelo menos a partir do oitavo século. Pode ter começado como comprimento de uma vara de bois, utensílio empregado para comandar uma equipa de 8 parelhas de bois.

Os estudiosos não sabem ao certo como a vara foi relacionada com as unidades mais curtas. Esta medida pode ter sido considerada igual a 20 "Pés" normais (comprimentos reais de um pé), ou pode-lhe ter sido medida "à mão" com 30 palmos.

De qualquer modo, quando o pé moderno ficou estabelecido no século XII, o governo real não quis alterar o comprimento da vara, dado que este comprimento era a base na medição das terras, nos seus registos, e impostos.

Por consequência a vara foi redefinida para igualizar 16.5 dos novos pés. Este comprimento chamou-se a "vara do rei" pelo menos a partir do período do Rei Ricardo Coração de Leão (1198). Embora varas de outros comprimentos sejam empregadas localmente na Grã-Bretanha, a vara do rei reinou a partir deste período.

A relação entre a vara e as outras unidades inglesas de distância foi confirmada pelo estatuto parlamentar de 1592, que definiu o estatuto da milha como sendo 320 varas ou 1760 Jardas (Yards), forçando a vara a corresponder a exactamente 5.5 jardas (Yards) ou 16.5 "Pés".

A bússola magnética



A bússola magnética é um dos instrumentos mais importantes na história da medição.

A bússola foi inventada provavelmente pelos Chineses durante a dinastia Qin (221-206 A.C.).

Os primeiros videntes chineses empregaram ímanes naturais (um minério composto de óxido de ferro que se alinha numa direção norte – Sul) para construir as suas placas de leitura de sinas.

Posteriormente, alguém se apercebeu que estes ímanes naturais eram de maior eficácia e utilidade na indicação de verdadeiras direções, facto que conduziu à manufaturção das primeiras bússolas.

Fora então concebido um instrumento sobre uma placa quadrada que continha inscrições indicando os pontos cardeais e as constelações conhecidas.

A agulha indicadora, constava de um dispositivo metálico em forma de colher constituído por um íman natural, que indicava sempre o Sul.

As agulhas magnéticas utilizadas como indicadores de direção em substituição dos ímanes naturais em forma de colher, surgiram no 8º século D.C, igualmente na China, entre os anos 850 e 1050, tendo-se tornado instrumentos correntes em tarefas de navegação a bordo de embarcações.

A primeira pessoa conhecida por ter utilizado a bússola como meio de ajuda à navegação, foi aparentemente Zheng He (1371-1435), da província de Yunnan na China, que fez sete viagens de oceano entre 1405 e 1433.

A evolução da topografia através dos tempos

GRUPO 02

Os métodos mais antigos (Continuação)



SEMI TRANSFERIDOR E CORRENTE DE AGRIMENSOR DA ERA COLONIAL

Topografia Colonial; Semi-transferidor e a corrente

Durante os períodos coloniais, dos anos 1800, a grande maioria das tarefas relacionadas com a topografia da época foram executadas com a utilização de um transferidor artesanal ou uma bússola, e uma corrente.

A corrente mais comum era de 66 pés de comprimento e composta de 100 elementos sendo 1 elemento igual à 1/100 de uma corrente ou 7.92 polegadas.

Estas unidades da medida podem ainda ser encontradas em muitos registos antigos arquivados nos tribunais.

As unidades de medição mais modernas em aço e fibra de vidro empregadas por topógrafos, ainda são mencionadas como os métodos mais adequados em procedimentos contemporâneos de medição.

Outras unidades da medida deste período chamaram-se as "varas" ou os "bastões", representando 16.5 pés para cada unidade.

Durante este período a bússola foi montada sobre um tripé ou associada a um bastão simples, tendo sido denominada de " consola de Jacob".

Estes instrumentos de topografia desta época não eram muito precisos, mas eram suficientemente válidos para aplicação num contexto em que os valores de terra eram irrisórios.

Transferidor e a fita

Com a evolução dos tempos a utilização da bússola deu lugar ao transferidor graduado, e a corrente à fita em aço.

Enquanto a bússola podia geralmente medir o azimute magnético próximo de um quarto de grau, um transferidor já pode medir os ângulos entre as linhas com menos de um minuto de arco de circunferência.

A fita em aço, habitualmente de 100 ou 200 pés de comprimento graduadas em centésimos de um pé, providenciou uma precisão superior à "corrente de Gunter".

O transferidor graduado e a fita permitiram a execução de medições mais precisas aplicadas à planificação e subdivisão de terras, na topografia de construção, e em quase todos os trabalhos de delimitação.

Até um período considerado contemporâneo, este método foi empregado em grande parte dos trabalhos aplicados no universo da topografia.

Transferidor e a estádia

Com o avançar da evolução tecnológica os ângulos foram então medidos com a utilização de um transferidor graduado associado a uma ocular sendo as distâncias medidas através de métodos ópticos sobre uma régua padrão colocada na horizontal.



Esta régua ou "estadia", graduada em centésimos de um pé, e um conjunto de fios transversalmente horizontais aplicados ao telescópio do transferidor, chamados "fios de estadia", foram colocados de modo a que, com base em princípios trigonométricos, e a uma distância de 100 pés a leitura dos fios corresponda exatamente a um pé sobre a estadia. Assim, em cerca de 500 pés, uma distância pôde ser lida diretamente na estadia.

Devido à sua velocidade e eficácia, este método tornou-se mais comum para traçar cartas topográficas.

Este procedimento abriu igualmente os caminhos da nova concepção dos instrumentos ópticos da nova geração (pranchetas e micrómetros), fabricados sobretudo em Inglaterra e Alemanha (Vernier, Everest, Gurley, e outros).

A evolução da topografia através dos tempos

GRUPO 03

Os métodos contemporâneos

O Teodolito



Em 1773, Jesse Ramsden inventou um motor de divisão mecânico viabilizando a ampliação da oferta do dispositivo por ter uma melhor precisão à época, do qual proporcionou a Inglaterra a vanguarda na produção deste instrumento.

Porém a construção do primeiro teodolito foi feita por Jonathan Sisson com quatro parafusos niveladores, apesar de sua invenção ser atribuída a Ignácio Porro, inventor de instrumentos óticos, em 1835. Na época, Ignácio Porro inventou o taquímetro auto-redutor, um instrumento que tinha todos os componentes do teodolito, mas com um dispositivo ótico. A invenção do teodolito tinha o objetivo de substituir o círculo de borda. Conforme o telescópio, o mesmo instrumento que permitia a medição de distância, elevação e direção, reduzindo significativamente o tempo usado para um levantamento topográfico e aumentando a precisão.

Em 1838, o engenheiro inglês William John Macquorn Rankine desenvolveu a integração de todos os dispositivos do teodolito, melhorando significativamente no trabalho nas edificações. Este instrumento foi muito importante para as expedições cartográficas e nas demarcações territoriais como do Planalto Central do Brasil, em 1892, e pela Comissão de Limites entre Brasil e Bolívia. O teodolito não houve desde então alterações significativas até 1950, do qual adiciona-se os processos de automatização e a adotação das medidas eletrônicas. Além disso, foram desenvolvidos novos instrumentos baseados no teodolito, como a estação total.

O Nível

O conceito das observações relacionadas com a linha do horizonte que permitiu uma relação de altitudes entre pontos desnivelados, através da leitura de réguas graduadas, impulsionou igualmente a aparição dos instrumentos denominados de "níveis ópticos".



Estes instrumentos munidos de bolhas de nível que garantem de forma eficaz a sua posição horizontal foram inicialmente concebidos por fabricantes ingleses Suíços e alemães dos quais se destacam as casas Baker, Cook Troughton & Simms, Hilger & Watts, Wild,

Kern e Zeiss, entre outras.

A Fotogrametria

O final do século 19, a par da evolução da aviação, é igualmente palco de uma nova era de evolução na construção de mapas topográficos.

Foram nesta época desenvolvidos métodos de captação e tratamento de imagens fotográficas obtidas por meios aéreos. Davam-se assim os primeiros passos na denominada "fotogrametria".

Foram neste período desenvolvidos equipamentos fotográficos mais sofisticados a instalar em aeronaves ligeiras.

Em simultâneo, foram concebidos mecanismos de tratamento destas imagens denominados de "restituidores fotogramétricos" que a partir das fotografias aéreas captadas, permitem através de junção e parametrização das mesmas, representar sobre mapas e cartas topográficas, o relevo e delimitações das zonas abrangidas por este sistema.

Os métodos modernos

Estação Total



Estação total ou taqueómetro (português europeu) ou taqueômetro (português brasileiro) é um instrumento eletrônico utilizado na medida de ângulos e distâncias. A evolução dos instrumentos de medida de ângulos e distâncias trouxe como consequência o surgimento deste novo instrumento, que pode ser explicado como a junção do teodolito eletrônico digital com o distanciômetro eletrônico, montados num só bloco.

A estação total é capaz de inclusive armazenar os dados recolhidos e executar alguns cálculos mesmo em campo. Com uma estação total é possível determinar ângulos e distâncias do instrumento até pontos a serem examinados. Com o auxílio de trigonometria, os ângulos e distâncias podem ser usados para calcular as coordenadas das posições atuais (X, Y e Z) dos pontos examinados, ou a posição dos instrumentos com relação a pontos conhecidos, em termos absolutos.

A informação pode ser enviada do teodolito para um computador e um software aplicativo irá gerar um mapa da área estudada. Algumas estações totais também tem uma interface de GPS que combina essas duas tecnologias para fazer uso das vantagens de ambas (GPS - não necessita que os pontos a serem estudados estejam na linha de visão; Estação Total tradicional - medição de alta precisão especialmente no eixo vertical comparado ao GPS) e reduz as consequências das desvantagens de cada tecnologia (GPS - baixa precisão no eixo vertical e menor precisão sem longos períodos de ocupação; Estação Total - requer observações no campo de visão e deve ser feita sobre um ponto conhecido ou dentro do campo de visão de 2 ou mais pontos conhecidos).

Prisma refletor.



A maioria dos instrumentos das Estações Totais medem ângulos através de scanner eletro-óptico de extrema precisão de códigos de barra digitais atados em cilindros ou discos de vidro rotativos dentro do instrumento. As Estações Totais de melhor qualidade são capazes de medir ângulos abaixo de 0,5". A típica Estação Total EDM pode medir distâncias com precisão de cerca de 0,1 milímetros, mas a maioria das aplicações requer precisão de 1,0 milímetro. Essas estações totais usam um prisma de vidro como refletor para o sinal EDM, e pode medir distâncias de até quilômetros, mas alguns instrumentos não possuem refletores e podem medir distâncias de objetos que estão distintos por cor, limitando-se a poucas centenas de metros.

Alguns modelos modernos são robotizados permitindo ao operador controlar a máquina à distância via controle remoto. Isso elimina a necessidade de um assistente a segurar o prisma refletor sobre o ponto a ser estudado. O próprio operador segura o refletor e controla a máquina a partir do ponto observado.

Dos principais fabricantes dos dispositivos de reflexão mencionados destacam-se os suíços da Leica, os japoneses Sokkia e Topcon e a americana Trimble.

GRUPO 04

Tecnologias de Ponta

GPS – O sistema posicionamento global



Este sistema revolucionário de posicionamento que não foi concebido para uso civil, foi constituído de uma constelação nominal de 24 satélites, disponibilizados ao grande público, com um sinal intencionalmente degradado pelo **DOD (Depart. of Defense)**.

Algumas mentes deveras astuciosas descobriram uma forma de empregar o sinal transportado por este sistema para calcular a posição de um receptor sobre a terra.

Esta tarefa foi tornada possível pela utilização de dois receptores e de relógios extremamente precisos, empregues para cronometrar os sinais recebidos dos veículos satélites (SV).

A disponibilidade e utilização destes relógios de grande precisão tornou possível o uso do GPS em meios civis. Foi assim possível calcular 3 posições dimensionais utilizando estes receptores em praticamente qualquer ponto sobre a terra.

O GPS tem, no entanto, as suas limitações. Os receptores surgiram inicialmente no mercado com custos elevados, verificando-se a sua gradual redução com a entrada no mercado de novos fabricantes.

Estes receptores estão igualmente condicionados por fatores de bloqueio de sinal devendo dispor de uma considerável abrangência de céu aberto. Isto significa que o sistema é inútil dentro em espaços confinados, onde existem barreiras naturais (cúpulas de árvore, montanhas, vales cavados, etc) bem como perto das construções ou as superfícies verticais devidas a um efeito denominado de multi-trajeto.



Este efeito considerado como nocivo e que pode impossibilitar um posicionamento adequado, pressupõe que um receptor obtém 2 sinais em vez de um, devido às propriedades refletoras de uma superfície vertical.

Em relação a outras condicionantes do sistema, os satélites disponíveis devem compor uma boa formação geométrica através do céu. Se os satélites se encontrarem "amontoados" sobre um determinado local, os resultados obtidos não serão adequados.

Os atuais sistemas profissionais de posicionamento utilizam o GPS para a realização de um grande número de projetos correntes, sendo este um sistema que se estendeu de forma alargada às tarefas de navegação terrestre e marítima.

Esta tecnologia permitiu nas áreas profissionais a determinação de pontos notáveis sobre a terra com um considerável rigor planimétrico (de ordem centimétrica), sendo o posicionamento altimétrico menos conseguido.

A evolução para o posicionamento global de precisão

Estas tecnologias de posicionamento com recurso a satélites, conheceu um considerável impulso no início dos anos 90 com a disponibilização de novas constelações no espaço sideral.

São de considerar, para além da constelação da rede principal GPS, a rede "Glonass" (Russa), e o projeto europeu "Galileo", atualmente em curso.

Existem igualmente algumas constelações de segunda ordem lançadas em períodos mais recentes por países como o Japão, Índia e China. O termo GPS (Global Positioning system) evoluiu recentemente para GNSS (Global navigation sattelite system).

A introdução de dispositivos mais sofisticados com as antenas tipo "shok ring" (redução dos efeitos multi trajeto) e receptores de dupla e tripla constelação na execução das missões com recurso a satélite, permitiu o posicionamento milimétrico de um ou mais pontos notáveis sobre a terra.

Para tal contribuiu igualmente uma emergente tecnologia de calibração das antenas, que através de sistemas robotizados permite a sua adequada rotação no acompanhamento do movimento diário das constelações disponíveis, conferindo a estes dispositivos uma redução dos efeitos da Ionosfera, e troposfera.

Em consequência deste percurso de evolução, este sistema é atualmente utilizado na composição de redes cartográficas locais ou globais, e no estudo de comportamento de estruturas de diversos tipos, monitorização de atividades sísmicas, meteorológicas, etc.

Os sistemas de topografia robotizada

Neste notável percurso de evolução tecnológica onde os microprocessadores desempenharam um papel primordial, surgiu mais recentemente uma **nova geração de estações totais automáticas e robotizadas**.

Trata-se de estações totais munidas de servo-motor e software integrado de observação geodésica, sistema desenvolvido a partir dos anos 90 pela casa suíça "Leica Geosystems".

Estes instrumentos munidos da capacidade de medição angular de 0,5 mgon, e de 1mm+1ppm na aferição de distancias, introduziram igualmente no mercado a capacidade de captação automática de prismas por sistema de vídeo, denominada de função ATR (Automatic Target Recognition).

Em paralelo o fabricante de origem sueca "Geodimeter" (atualmente sob o nome da casa Trimble USA), lançava no mercado um modelo de estação total igualmente robotizada e com a capacidade de manuseamento por controlo remoto, sistema este que foi seguido pelos fabricantes Leica (Suíça), Topcon e Sokkia (Japão), entre outros, com o lançamento de novas gerações de equipamentos.

Estes modelos, fruto de uma notável inspiração tecnológica e consequência de avultados investimentos científicos, surgiram no mercado com custos onerosos, sendo exclusivamente utilizados na indústria de precisão e em missões de auscultação e vigilância de estruturas envolvendo risco, onde se estudam movimentos de ordem milimétrica.

São equipamentos frequentemente utilizados em plataformas industriais, projetos de escavação subterrânea em meio urbano (túneis de metropolitano), pontes e barragens, e infraestruturas com patologias identificadas.

Os sistemas de “Varrimento Laser Tridimensional”



Com o desenvolvimento das tecnologias a laser e para além das novas estações totais de feixe laser, com a capacidade de medição de distâncias sem a utilização de prismas ou alvos refletores, surgiram recentemente os equipamentos de digitalização tridimensional.

O sistema de “varrimento Laser”, é um sistema que a partir de um ponto estação irradia um impulso laser cujo tempo de percurso de ida e volta do sinal refletido, é medido e convertido numa distância. Convertidas em coordenadas retangulares por um hardware integrado, as coordenadas polares (ângulos e distancias) obtidas, permitem adquirir uma nuvem muito densa de pontos coordenados na superfície de uma estrutura ou objeto em estudo.

Esta emissão laser é inócua, sendo inofensiva para a saúde humana e para a conservação de património, podendo este sistema funcionar sem iluminação, uma vez que é do tipo ativo.

A frequência de aquisição de pontos 3D é aproximadamente uma dezena de milhar por segundo, sendo o tempo de varrimento laser em cada estacionamento variável entre de 2 a 10 minutos.

Esta tecnologia permite uma cobertura total do objeto ou estrutura a levantar, numa única nuvem de pontos 3D com a utilização de precisões homogéneas sub centimétricas.

O “Varrimento Laser Tridimensional” introduziu no mercado uma excelente variante para aplicação em levantamentos de objetos e estruturas complexas com um elevado nível de detalhe geométrico, precisão e informação dimensional, sendo um método simples, rápido e com uma relação custo – eficácia, deveras interessante.

Esta tecnologia inovadora, sugere a abertura de novos caminhos para aplicação em grande parte das tarefas a desempenhar pelos profissionais de topografia num futuro próximo.