1 Introdução à Topografia

1.1 Introdução

O homem sempre necessitou conhecer o meio em que vive, por questões de sobrevivência, orientação, segurança, guerras, navegação, construção, etc. No princípio a representação do espaço baseava-se na observação e descrição do meio. Cabe salientar que alguns historiadores dizem que o homem já fazia mapas antes mesmo de desenvolver a escrita. Com o tempo surgiram técnicas e equipamentos de medição que facilitaram a obtenção de dados para posterior representação. A Topografia foi uma das ferramentas utilizadas para realizar estas medições.

Etimologicamente a palavra TOPOS, em grego, significa lugar e GRAPHEN descrição, assim, de uma forma bastante simples, Topografia significa descrição do lugar. A seguir são apresentadas algumas de suas definições:

“A Topografia tem por objetivo o estudo dos instrumentos e métodos utilizados para obter a representação gráfica de uma porção do terreno sobre uma superfície plana” DOUBEK (1989).

“A Topografia tem por finalidade determinar o contorno, dimensão e posição relativa de uma porção limitada da superfície terrestre, sem levar em conta a curvatura resultante da esfericidade terrestre” ESPARTEL (1987).

O objetivo principal é efetuar o levantamento (executar medições de ângulos, distâncias e desníveis) que permita representar uma porção da superfície terrestre em uma escala adequada. Às operações efetuadas em campo, com o objetivo de coletar dados para a posterior representação, denomina-se de levantamento topográfico.

A Topografia pode ser entendida como parte da Geodésia, ciência que tem por objetivo determinar a forma e dimensões da Terra.

Na Topografia trabalha-se com medidas (lineares e angulares) realizadas sobre a superfície da Terra e a partir destas medidas calculam--se coordenadas, áreas, volumes, etc. Além disto, estas grandezas poderão ser representadas de forma gráfica através de mapas ou plantas.

Para tanto é necessário um sólido conhecimento sobre instrumentação, técnicas de medição, métodos de cálculo e estimativa de precisão (KAHMEN; FAIG, 1988).

De acordo com a NBR 13133 (ABNT, 1991, p. 3), Norma Brasileira para execução de levantamento Topográfico, o levantamento topográfico é definido por:

“Conjunto de métodos e processos que, através de medições de ângulos horizontais e verticais, de distâncias horizontais, verticais e inclinadas, com instrumental adequado à exatidão pretendida, primordialmente, implanta e materializa pontos de apoio no terreno, determinando suas coordenadas topográficas. A estes pontos se relacionam os pontos de detalhe visando a sua exata representação planimétrica numa escala pré-determinada e à sua representação altimétrica por intermédio de curvas de nível, com equidistância também pré-determinada e/ou pontos cotados.”

Classicamente a Topografia é dividida em Topometria e Topologia.

A Topologia tem por objetivo o estudo das formas exteriores do terreno e das leis que regem o seu modelado.

A Topometria estuda os processos clássicos de medição de distâncias, ângulos e desníveis, cujo objetivo é a determinação de posições relativas de pontos. Pode ser dividida em planimetria e altimetria.

Tradicionalmente o levantamento topográfico pode ser divido em duas partes: o levantamento planimétrico, onde se procura determinar a posição planimétrica dos pontos (coordenadas X e Y) e o levantamento altimétrico, onde o objetivo é determinar a cota ou altitude de um ponto (coordenada Z). A realização simultânea dos dois levantamentos dá origem ao chamado levantamento planialtimétrico.

1.2 Sistemas de Coordenadas

Um dos principais objetivos da Topografia é a determinação de coordenadas relativas de pontos. Para tanto, é necessário que estas sejam expressas em um sistema de coordenadas. São utilizados basicamente dois tipos de sistemas para definição unívoca da posição tridimensional de pontos: sistemas de coordenadas cartesianas e sistemas de coordenadas esféricas.

1.2.1 Sistemas de Coordenadas Cartesianas

Quando se posiciona um ponto nada mais está se fazendo do que atribuindo coordenadas ao mesmo. Estas coordenadas por sua vez deverão estar referenciadas a um sistema de coordenadas. Existem diversos sistemas de coordenadas, alguns amplamente empregados em Geometria e Trigonometria, por exemplo. Estes sistemas normalmente representam um ponto no espaço bidimensional ou tridimensional.

No espaço bidimensional, um sistema bastante utilizado é o sistema de coordenadas retangulares ou cartesianas. Este é um sistema de eixos ortogonais no plano, constituído de duas retas orientadas X e Y, perpendiculares entre si (figura 1.2). A origem deste sistema é o cruzamento dos eixos X e Y.

1.3 Superfícies de Referência

Devido às irregularidades da superfície terrestre, utilizam-se modelos para a sua representação, mais simples, regulares e geométricos e que mais se aproximam da forma real para efetuar os cálculos. Cada um destes modelos tem a sua aplicação, e quanto mais complexa a figura empregada para a representação da Terra, mais complexos serão os cálculos sobre esta superfície.

1.3.1 Modelo Esférico

Em diversas aplicações a Terra pode ser considerada uma esfera, como no caso da Astronomia. Um ponto pode ser localizado sobre esta esfera através de sua latitude e longitude. Tratando-se de Astronomia, estas coordenadas são denominadas de latitude e longitude astronômicas.

Latitude Astronômica (F): é o arco de meridiano contado desde o equador até o ponto considerado, sendo, por convenção, positiva no hemisfério Norte e negativa no hemisfério Sul.

Longitude Astronômica (L): é o arco de equador contado desde o meridiano de origem (Greenwich) até o meridiano do ponto considerado. Por convenção a longitude varia de 0º a +180º no sentido leste de Greenwich e de 0º a -180º por oeste de Greenwich.

1.3.2 Modelo Elipsoidal

A Geodésia adota como modelo o elipsóide de revolução. O elipsóide de revolução ou biaxial é a figura geométrica gerada pela rotação de uma semi-elipse (geratriz) em torno de um de seus eixos (eixo de revolução); se este eixo for o menor tem-se um elipsóide achatado. Mais de 70 diferentes elipsóides de revolução são utilizados em trabalhos de Geodésia no mundo.

Um elipsóide de revolução fica definido por meio de dois parâmetros, os semi-eixos a (maior) e b (menor). Em Geodésia é tradicional considerar como parâmetros o semi-eixo maior a e o achatamento f, expresso pela equação. As coordenadas geodésicas elipsóidicas de um ponto sobre o elipsóide ficam assim definidas.

Latitude Geodésica (f): ângulo que a normal forma com sua projeção no plano do equador, sendo positiva para o Norte e negativa para o Sul. Longitude Geodésica (l): ângulo diedro formado pelo meridiano geodésico de Greenwich (origem) e do ponto P, sendo positivo para Leste e negativo para Oeste. A normal é uma reta ortogonal ao elipsóide que passa pelo ponto P na superfície física.

2 Revisão Matemática

Neste capítulo é realizada uma revisão de unidades e trigonometria, necessária para o estudo dos próximos temas a serem abordados.

2.1 Unidades de Medida

2.1.1 Medida de Comprimento (metro)

A origem do metro ocorreu em 1791 quando a Academia de Ciências de Paris o definiu como unidade padrão de comprimento. Sua dimensão era representada por 1/10.000.000 de um arco de meridiano da Terra.

Em 1983, a Conferência Geral de Pesos e Medidas estabeleceu a definição atual do “metro” como a distância percorrida pela luz no vácuo durante o intervalo de tempo de 1/299.792.458.

O metro é uma unidade básica para a representação de medidas de comprimento no sistema internacional (SI).

2.1.2 Medida Angular

Um radiano é o ângulo central que subentende um arco de circunferência de comprimento igual ao raio da mesma. É uma unidade suplementar do SI para ângulos planos.

Ao aplicar-se a função sem a transformação do ângulo pode-se incorrer em erros nos cálculos futuros, como é possível observar no exemplo a seguir.

2.2 Revisão de Trigonometria Plana

A trigonometria teve origem na Grécia, em virtude dos estudos das relações métricas entre os lados e os ângulos de um triângulo, provavelmente com o objetivo de resolver problemas de navegação, Agrimensura e Astronomia.

3 Escalas

É comum em levantamentos topográficos a necessidade de representar no papel certa porção da superfície terrestre. Para que isto seja possível, teremos que representar as feições levantadas em uma escala adequada para os fins do projeto. De forma simples, podemos definir escala com sendo a relação entre o valor de uma distância medida no desenho e sua correspondente no terreno. A NBR 8196 (Emprego de escalas em desenho técnico: procedimentos) define escala como sendo a relação da dimensão linear de um elemento e/ou um objeto apresentado no desenho original para a dimensão real do mesmo e/ou do próprio objeto.

Por exemplo, se uma feição é representada no desenho com um centímetro de comprimento e sabe-se que seu comprimento no terreno é de 100 metros, então a escala de representação utilizada é de 1:10.000.

Ao utilizar a fórmula (3.2) para o cálculo da escala deve-se ter o cuidado de transformar as distâncias para a mesma unidade.

As escalas podem ser de redução (1:n), ampliação (n:1) ou naturais (1:1). Em Topografia as escalas empregadas normalmente são: 1:250, 1:200, 1:500 e 1:1000. Logicamente que não é algo rígido e estes valores dependerão do objetivo do desenho.

Uma escala é dita grande quando apresenta o denominador pequeno (por exemplo, 1:100, 1:200, 1:50, etc.). Já uma escala pequena possui o denominador grande (1:10.000, 1:500.000, etc.).

O valor da escala é adimensional, ou seja, não tem dimensão (unidade). Escrever 1:200 significa que uma unidade no desenho equivale a 200 unidades no terreno. Assim, 1 cm no desenho corresponde a 200 cm no terreno ou 1 milímetro do desenho corresponde a 200 milímetros no terreno.

3.1 Principais Escalas e suas Aplicações

A seguir encontra-se um conteúdo com as principais escalas utilizadas por engenheiros e as suas respectivas aplicações.

3.1.1 Erro de Graficismo

O erro de graficismo (eg) é uma função da acuidade visual, habilidade manual e qualidade do equipamento de desenho. De acordo com a NBR 13133 (Execução de Levantamentos Topográficos), o erro de graficismo admissível na elaboração do desenho topográfico para lançamento de pontos e traçados de linhas é de 0,2 mm e equivale a duas vezes a acuidade visual.

Em função deste valor é possível definir o valor da precisão da escala (pe), ou seja, o menor valor representável em verdadeira grandeza, em uma escala. Em casos onde é necessário representar elementos com dimensões menores que as estabelecidas pela precisão da escala, podem ser utilizados símbolos.

3.1.1 A Escala Gráfica

A escala gráfica é utilizada para facilitar a leitura de um mapa, consistindo-se em um segmento de reta dividido de modo a mostrar graficamente a relação entre as dimensões de um objeto no desenho e no terreno. Segundo JOLY (1996) é um ábaco formado por uma linha graduada dividida em partes iguais, cada uma delas representando a unidade de comprimento escolhida para o terreno ou um dos seus múltiplos.

Para a construção de uma escala gráfica a primeira coisa a fazer é conhecer a escala do mapa. Por exemplo, seja um mapa na escala 1:4000. Deseja-se desenhar um retângulo no mapa que corresponda a 100 metros no terreno.

Isto já seria uma escala gráfica, embora bastante simples. É comum desenhar-se mais que um segmento (retângulo), bem como indicar qual o comprimento no terreno que este segmento representa.

4 Normalização

4.1 Introdução

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o órgão responsável pela normalização técnica no país, tendo sido fundada em 1940 para fornecer a base necessária ao desenvolvimento tecnológico brasileiro. A normalização é o processo de estabelecer e aplicar regras a fim de abordar ordenadamente uma atividade específica e com a participação de todos os interessados e, em particular, de promover a otimização da economia, levando em consideração as condições funcionais e as exigências de segurança.

4.2 NBR 13133 - Execução de Levantamentos Topográficos

Esta norma, datada de maio de 1994, fixa as condições exigíveis para a execução de levantamentos topográficos destinados a obter.

Também é objetivo desta norma estabelecer condições exigíveis para a execução de um levantamento topográfico que devem compatibilizar medidas angulares, medidas lineares, medidas de desníveis e as respectivas tolerâncias em função dos erros, relacionando métodos, processos e instrumentos para a obtenção de resultados compatíveis com a destinação do levantamento, assegurando que a propagação dos erros não exceda os limites de segurança inerentes a esta destinação (ABNT, 1994, p.1).

4.3 NBR 14166 - Rede de Referência Cadastral Municipal

O objetivo desta norma é fixar as condições exigíveis para a implantação e manutenção de uma Rede Cadastral Municipal. Esta norma é válida desde setembro de 1998.

5 Medição de Distâncias

5.1 Medida Direta de Distâncias

A medida de distâncias de forma direta ocorre quando a mesma é determinada a partir da comparação com uma grandeza padrão, previamente estabelecida, através de trenas ou diastímetros.

5.1.1 Trena de Fibra de Vidro

A trena de fibra de vidro é feita de material resistente (produto inorgânico obtido do próprio vidro por processos especiais). Estes equipamentos podem ser encontrados com ou sem envólucro, os quais podem ter o formato de uma cruzeta, ou forma circular e sempre apresentam distensores (manoplas) nas suas extremidades. Seu comprimento varia de 20 a 50 m (com envólucro) e de 20 a 100 m (sem envólucro). Comparada à trena de lona, deforma menos com a temperatura e a tensão, não se deteriora facilmente e é resistente à umidade e a produtos químicos, sendo também bastante prática e segura.

Durante a medição de uma distância utilizando uma trena, é comum o uso de alguns acessórios como: piquetes, estacas testemunhas, balizas e níveis de cantoneira.

5.1.2 Piquetes

Os piquetes são necessários para marcar convenientemente os extremos do alinhamento a ser medido. Estes apresentam as seguintes características:

- fabricados de madeira roliça ou de seção quadrada com a superfície no topo plana;

- assinalados (marcados) na sua parte superior com tachinhas de cobre, pregos ou outras formas de marcações que sejam permanentes;

- comprimento variável de 15 a 30 cm (depende do tipo de terreno em que será realizada a medição);

- diâmetro variando de 3 a 5 cm;

- é cravado no solo, porém, parte dele (cerca de 3 a 5 cm) deve permanecer visível, sendo que sua principal função é a materialização de um ponto topográfico no terreno.

5.1.3 Estacas Testemunhas

São utilizadas para facilitar a localização dos piquetes, indicando a sua posição aproximada. Estas normalmente obedecem as seguintes características:

- cravadas próximas ao piquete, cerca de 30 a 50 cm;

- comprimento variável de 15 a 40 cm;

- diâmetro variável de 3 a 5 cm;

- chanfradas na parte superior para permitir uma inscrição, indicando o nome ou número do piquete. Normalmente a parte chanfrada é cravada voltada para o piquete.