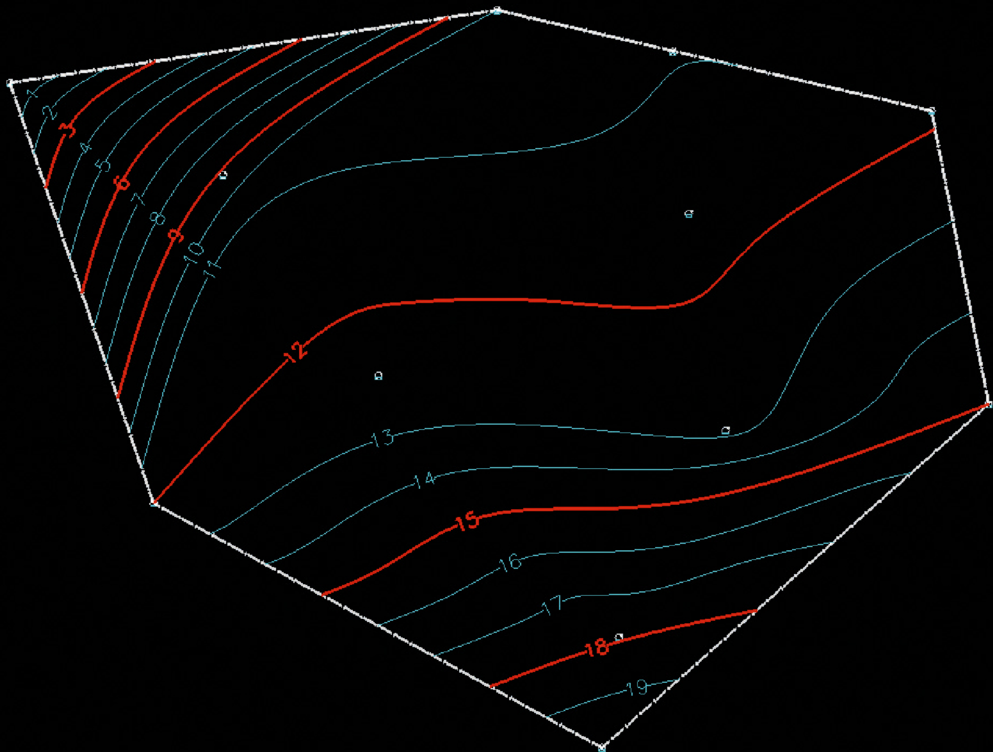
Cláudio Silva Soares

TOPOGRAFIA PARA PROPRIEDADES RURAIS



eduepb

Cláudio Silva Soares

TOPOGRAFIA PARA PROPRIEDADES RURAIS

eduepb

Campina Grande-PB | 2023

UEPB

Universidade Estadual da Paraíba
Profª. Célia Regina Diniz | *Reitora*
Profª. Ivonildes da Silva Fonseca | *Vice-Reitora*

eduepb

Editora da Universidade Estadual da Paraíba
Cidoval Morais de Sousa | *Diretor*

SciELO Livros

Editora indexada no SciELO desde 2012

Associação Brasileira das Editoras Universitárias

Editora filiada a ABEU

EDITORA DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
Rua Baraúnas, 351 - Bairro Universitário - Campina Grande-PB - CEP 58429-500
Fone: (83) 3315-3381 - http://eduepb.uepb.edu.br - email: eduepb@uepb.edu.br

Editora da Universidade Estadual da Paraíba
Cidoval Morais de Sousa (*Diretor*)

Expediente EDUEPB

Design Gráfico e Editoração
Erick Ferreira Cabral
Jefferson Ricardo Lima A. Nunes
Leonardo Ramos Araujo

Revisão Linguística e Normalização
Antonio de Brito Freire
Elizete Amaral de Medeiros

Assessoria Técnica
Carlos Alberto de Araujo Nacre
Thaise Cabral Arruda
Walter Vasconcelos

Divulgação
Danielle Correia Gomes

Comunicação
Efigênio Moura

Depósito legal na Câmara Brasileira do Livro - CDL

S676t Soares, Cláudio Silva.
Topografia para propriedades rurais / Cláudio Silva Soares. – Campina Grande : EDUEPB, 2023.
116 p. : il. ; 15 x 21 cm ; 2,9 MB.

ISBN: 978-85-7879-809-3 (Impresso)
ISBN: 978-85-7879-810-9 (E-book)

1. Topografia. 2. Levantamento topográfico. 3. Zona rural. I. Título.

21. ed. CDD 526.9

Ficha catalográfica elaborada por Ana Patrícia Silva Moura – CRB-15/945

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO

Tendo em vista que a maioria das bibliografias sobre Topografia é desatualizada e muitas vezes escassa, este livro vem contribuir com novos procedimentos utilizados atualmente em levantamentos planimétricos de pequenas propriedades rurais. Aliado a isso, toda explanação dos assuntos foi abordada de forma simples para que o aluno tenha uma boa compreensão teórica e prática dos procedimentos utilizados na topografia.

Primeiramente, foram abordados os conceitos básicos sobre a topografia, assim como o uso correto dos principais equipamentos utilizados nos levantamentos. Em seguida, foram explanadas as unidades de medida e as metodologias para cálculos de distâncias e áreas. A complementação dos cálculos é vista nos métodos de levantamento planimétrico. Dentre as novidades, o último capítulo foi dedicado ao uso de ferramentas computacionais de desenho (CAD), que atualmente são indispensáveis para que o topógrafo faça um trabalho de melhor qualidade.

Desta forma, espera-se que esta obra venha a contribuir para a formação dos futuros profissionais que se dedicam em buscar informações sobre a topografia.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO À TOPOGRAFIA

Breve Histórico

A topografia já faz parte de nossas civilizações há milhares de anos, pois há relatos que no antigo Egito alguns proprietários rurais tinham que refazer suas divisas após as grandes enchentes do rio Nilo. Para isso, os mesmos dispunham de acessórios para efetuar tais medições, o mais exato possível. Esses topógrafos egípcios eram chamados de "*harpedonatata*", ou esticadores de cordas, uma vez que eles usavam cordas com marcadores distribuídos em certos intervalos para facilitar suas medições.

Além dos egípcios, outras civilizações antigas como gregos, árabes, romanos, babilônios, indianos e chineses, também contribuíram com instrumentos e procedimentos que serviram para medir, delimitar e descrever propriedades rurais naqueles primórdios da topografia. Uma prova destes fatos nos foi fornecida pela arqueologia quando tornou público alguns mapas da Babilônia, escritos em tábuas, e datados com mais de 2.500 anos a. C. Outros mapas com mesma idade estimada também foram encontrados na Índia e na China.

Apesar de muito antiga, verificam-se avanços mais concretos na topografia somente a partir destes últimos séculos, com o surgimento de instrumentos mais precisos como: luneta, vernier, teodolito, medidor eletrônico de distância (MED), GPS, computadores e muitos outros dispositivos para estes fins.

Conceito

A palavra Topografia é derivada dos radicais gregos *Topos* (lugar) e *Graphen* (descrever), sendo a ciência que estuda os instrumentos, métodos de operação, cálculos e representações gráficas de uma determinada parte da superfície terrestre (plano topográfico).

Devido à curvatura do globo terrestre causar alguns erros na determinação de grandes áreas de sua superfície, o uso da topografia foi limitado à descrição de áreas que não excedam um raio de 50 km, pois a partir deste comprimento já ocorre um erro em torno de 1,4 metros no resultado final da área estudada. No entanto, esse erro ainda é considerado tolerável, tendo em vista o tamanho total que representa esta área. Em áreas maiores que esta, recorre-se ao levantamento topográfico através da Geodésia, pois a mesma permite a confecção de mapas mais perfeitos.

Divisão da Topografia

De forma geral, a Topografia pode ser dividida em quatro seguimentos principais: topometria, topologia, taqueometria e fotogrametria.

A topometria dedica-se ao estudo dos procedimentos de medida e suas aplicações, através da obtenção de ângulos e distâncias, os quais são oriundos de instrumentos topográficos como o teodolito, níveis de precisão, estações totais, GPS, dentre outros. Este seguimento divide-se ainda em Planimetria e Altimetria.

Na Planimetria são obtidos ângulos e distâncias horizontais necessários para determinações de pontos e feições do terreno, assim como sua posterior representação sobre um plano horizontal de referência. Por outro lado, a Altimetria é encarregada pela obtenção dos ângulos verticais, através dos quais se determinam as distâncias verticais ou diferenças de níveis, necessárias para descrever o perfil de um determinado terreno.

Quando os procedimentos realizados na Planimetria e na Altimetria são reunidos em um só trabalho, daremos então origem às plantas planialtimétricas.

A Topologia serve como complemento da Topometria, pois a mesma estuda as formas exteriores da superfície terrestre e as leis que devem obedecer a seu modelado. Como resultado deste estudo, teremos a representação cartográfica do terreno através das curvas de nível.

Na Taqueometria as distâncias horizontais e verticais são determinadas de forma indireta, ou seja, através de cálculos realizados com auxílio de outras grandezas (ângulos verticais, fios estadimétricos, etc.).

A Fotogrametria tem por objetivo representar uma porção da superfície terrestre, num plano topográfico, através de fotografias aéreas ou terrestres. Sua principal aplicação é feita sobre estudos e projetos de estradas, barragens, reflorestamento, projetos fundiários, etc.

Fontes de Erro no Levantamento Topográfico

Nenhum levantamento topográfico está isento de erros, no entanto, cabe ao topógrafo diminuir ao máximo essas fontes de variação. Diante disto, podem-se classificar os erros cometidos nas medições topográficas em:

a. Pessoais: são erros ocasionados pela falta de cuidados do topógrafo, como visadas de pontos errôneos, anotações de ângulos e /ou distâncias equivocadas, etc.
b. Naturais: são erros provenientes de fatores ambientais como temperaturas altas, ventos fortes, pressão atmosférica, umidade, etc.
c. Instrumentais: são ocasionados quando se utilizam equipamentos com algum defeito físico.

CAPÍTULO 2

EQUIPAMENTOS E ACESSÓRIOS TOPOGRÁFICOS

Equipamentos de precisão

Assim como em outras ciências, os equipamentos topográficos estão passando por constante evolução no seu desenvolvimento. Desta forma, serão descritos os principais equipamentos utilizados no levantamento topográfico, mas sem esquecer aqueles mais antigos, pois em nosso país ainda há muitos topógrafos e/ou instituições que os utilizam, já que os equipamentos mais modernos ainda são muito caros.

Teodolitos

Os teodolitos (Figura 1) são aparelhos equipados com luneta de movimento basculante completo, ou seja, possuem alcance de giro de 360º em torno de seu eixo. Através deste limbo é que se verificam os ângulos horizontais de um determinado alinhamento. Essas lunetas também possuem inclinação vertical para determinação e leitura dos ângulos verticais.

Acervo Autor

Figura 1. Teodolito

Nível de Precisão

O nível de precisão (Figura 2) é um aparelho utilizado para determinação das cotas de uma área escolhida. Essas cotas são imprescindíveis para realização de locação de canais, nivelamentos geométricos, drenagem de várzeas, etc.

Acervo Autor

Figura 2. Nível de precisão

Estação Total

A estação total (Figura 3) possui as principais características dos teodolitos, porém estão equipados com medidores eletrônicos de distância (MED), o qual facilita bastante o trabalho dos topógrafos no campo.

Acervo Autor

Figura 3. Estação total

GPS (Sistema de posicionamento global)

Através do GPS (Figura 4) podem-se obter posições verticais (altitudes) e horizontais (latitudes e longitudes) de qualquer parte da superfície terrestre. Estes dados são obtidos de sinais emitidos por um conjunto de satélites que orbitam a Terra. No entanto, antes da escolha do GPS, há que se ater aos diferentes modelos do mesmo, pois cada um deles possui uma precisão diferente, que pode ser de milímetros a alguns metros de erro. Sua escolha está atrelada à precisão que o levantamento topográfico exige.

Acervo Autor

Figura 4. GPS

Acessórios topográficos

Toda medida direta ou indireta de distância só poderá ser realizada se for feito uso de alguns acessórios especiais. Segue alguns principais utilizados nas medições topográficas:

Diastímetros

Os principais diastímetros utilizados na medida direta de distâncias são os seguintes:

a. Fita e Trena de Aço (precisão de 1 cm/100 m)
b. Trena de Lona (precisão de 25 cm/100 m)
c. Trena de Plástica (precisão de 5 cm/100 m)

Piquetes

Os piquetes (Figura 5 a) servem para marcar os extremos do alinhamento a ser medido; são feitos de madeira com a superfície no topo plana; seu comprimento varia de 15-30 cm; seu diâmetro varia de 3-5 cm; parte dele (3-5 cm) deve permanecer acima da superfície do solo; sua função é a materialização de um ponto topográfico no terreno.

Estacas

As estacas (Figura 5 b) possuem comprimento é de 30-40 cm, e são utilizadas para visualização do piquete; são cravadas a 30-50 cm do piquete; seu diâmetro varia de 3-5 cm; são chanfradas na parte superior para permitir uma inscrição numérica ou alfabética, que pertence ao piquete testemunhado.

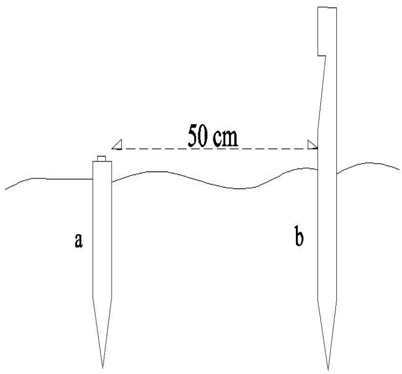


Figura 5. Piquete (a) e estaca (b).

Fichas

As fichas (Figura 6) são peças de comprimento variando de 35 a 55 cm e utilizadas na marcação de lances efetuados com diastímetros (trenas, etc.), quando a distância a ser medida é superior ao comprimento deste. Geralmente são pintadas em cores alternadas (branca e vermelha).

Acervo Autor

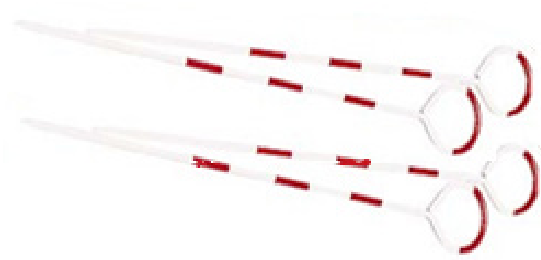


Figura 6. Fichas.

Balizas

As balizas (Figura 7) são utilizadas para manter o alinhamento em um levantamento topográfico, quando há necessidade de se executar vários lances com o diastímetro e também auxiliar na determinação de ângulos horizontais, onde a mesma fica em cima do piquete que delimita o vértice. Seu comprimento é de 2 m com divisões em branco e vermelho a cada 0,50m.

Acervo Autor

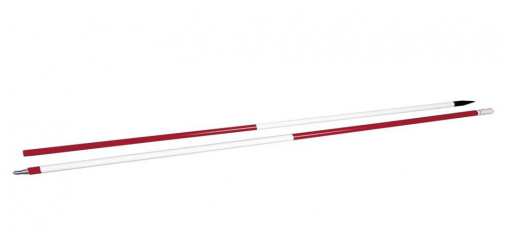


Figura 7. Baliza desmontável de alumínio.

Nível de Cantoneira

Aparelho dotado de bolha circular (Figura 8) que permite ao auxiliar que segura á baliza posicioná-la verticalmente sobre o piquete ou sobre o alinhamento a medir.

Acervo Autor

Figura 8. Nível de cantoneira.

Nível de Mangueira

É uma mangueira d›água transparente que permite, em função do nível de água das extremidades, proceder á medida de distâncias com o diastímetro na posição horizontal.

Régua e bastões com prisma

A régua ou mira falante (Figura 9A) é um acessório graduado em centímetros e que serve para indicar a altura em que se encontram os fios estadimétricos visualizados na luneta do aparelho (teodolito, nível de precisão, etc.). Já o bastão com prisma (Figura 9B) trata-se de acessórios utilizados para as leituras de distâncias realizadas com estação total.

Acervo Autor

Figura 9A. Mira graduada.

Acervo Autor

Figura 9B. Bastão com prisma.

Tripé

O tripé (Figura 10) é formado por três pontos de apoio (pés) e uma mesa em formato triangular que serve para fixar os aparelhos de medição (estação total, nível de precisão, teodolitos, GPS, etc.).

Acervo Autor

Figura 10. Tripé para apoio do aparelho.

Cadernetas de Campo

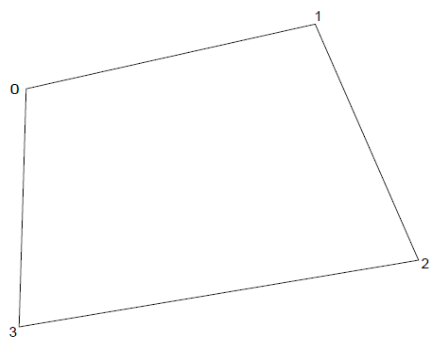
É um documento onde são registrados todos os elementos levantados no campo (leituras de distâncias, ângulos, régua, croquis dos pontos, etc.).

Exemplo de uma caderneta de campo em levantamentos estadimétricos:

Cliente: Centro de Ciências Agrárias e Ambientais/UEPB									
Local: Lagoa Seca - PB								Data: 16/10/2016	
Técnico: Cláudio S. Soares									
AI	E	PV	ÂH	Fios estadimétricos			ÂZ	DH	OBS
				FS	FM	FI			
1,65	E0	1	254º 18′ 00″	1,42	1,27	1,12	96º 10′ 00″	29,65	Cerca
1,68	E1	2	260º 07′ 00″	1,38	1,25	1,11	98º 12′ 00″	26,45	Cerca
1,70	E2	3	283º 07′ 00″	1,76	1,56	1,35	95º 50′ 00″	40,58	Cerca
1,67	E3	0	282º 26′ 00″	1,70	1,58	1,45	96º 30′ 00″	24,68	Cerca

Legenda: A.I= altura do instrumento; E= estação ocupada; P.V= ponto visado; ÂH= ângulo horizontal externo; FS= fio superior; FM= fio médio; FI= fio inferior; ÂZ= ângulo zenital; DH= distância horizontal.

Croqui da área (sem escala):



Estacionamento do Teodolito, Nível e Estação Total

Para que haja correta obtenção das distâncias e ângulos, é imprescindível que os aparelhos sejam instalados e nivelados da forma mais eficiente o possível. Para que os aparelhos (estação total, teodolito e nível de precisão) sejam instalados de forma correta, seguem-se as seguintes etapas:

Instalação do tripé

Primeiramente, põe-se o tripé fechado até o nível de seu peito, deixando-o à altura ideal de trabalho, quando aberto. Em seguida, com uma de suas pernas apoiada no solo e segurando as outras duas com as mãos, deve-se alinhar o centro da mesa do tripé com o centro do piquete da estação a ser ocupada, procurando-se também nivelar essa mesa a olho nu, pois isso facilita e agiliza seu posterior nivelamento com uso da bolha do aparelho.

Nivelamento da mesa do tripé

O próximo passo é nivelar a mesa do tripé através do nível de bolha do aparelho. Para isso, deve-se instalar o aparelho e parafusá-lo à mesa do tripé. Em seguida, deve-se usar os ajustes das pernas do tripé (Figura 11) para coincidir a bolha do nível circular com seu centro. Na prática, mexe-se uma perna de cada vez e, de preferência, aquela perna para qual a bolha está inclinada.

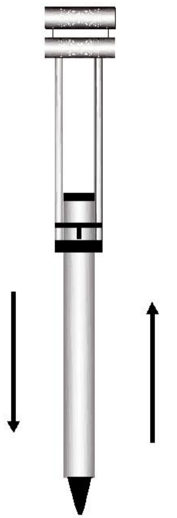


Figura 11. Detalhe do ajuste de altura das pernas do tripé.

Nivelamento do aparelho

Após o nivelamento da mesa do tripé, é feito o ajuste fino do aparelho com o centro do piquete no solo. Esse ajuste é feito através do deslocamento do aparelho, sobre a mesa do tripé, até que haja a coincidência do prumo do aparelho com o piquete. Alguns aparelhos possuem uma pequena luneta em sua base, a qual permite ao operador visualizar o centro do piquete. Além dessa luneta, algumas estações totais apresentam um prumo a *laser*, que facilita ainda mais essa operação.

O nivelamento do aparelho em si, é feito através de três parafusos, denominados "calantes". No primeiro movimento de nivelamento, deve-se posicionar o nível de bolha tubular do aparelho entre dois desses parafusos (Figura 12 A). Para centralizar a bolha do nível, deve-se girar os parafusos II e III ao mesmo tempo e na mesma direção. No segundo movimento, giramos o aparelho a 90º e trabalhamos apenas com o parafuso I, até centralizar a bolha (Figura 12 B). Após esse procedimento, volta-se o aparelho à primeira posição e verifica-se novamente se a bolha está centralizada. Se for preciso, repete-se os ajustes até o nivelamento completo, para só então começar as medições de ângulos e distâncias.

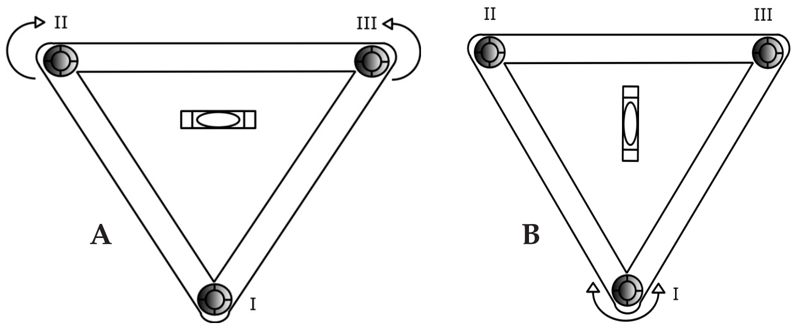


Figura 12. Esquema de nivelamento do aparelho com os parafusos calantes, no primeiro (A) e segundo (B) movimento.

CAPÍTULO 3

UNIDADES DE MEDIDAS E ESCALA

Nos trabalhos de levantamento topográfico são determinadas três principais unidades de medida: lineares, superficiais e angulares. Cada uma delas desempenha um papel importante no resultado final do levantamento. Vejamos a seguir as principais características de cada uma dessas unidades de forma separada.

Unidades lineares

Atualmente, a unidade de medida linear padrão é o metro (m), o qual corresponde à décima milionésima parte do quadrante do meridiano terrestre e que foi instituída na Assembleia Nacional da França, sendo adotada a partir de 26/03/1791. No Brasil, esse sistema só foi regulamentado através do Decreto 4.257, de 16/06/1839. No entanto, alguns produtores rurais mais antigos ainda usam as medidas do sistema antigo. Sendo assim, serão mencionados os dois sistemas para as eventuais transformações do antigo para o métrico.

Sistema antigo

Logo abaixo estão dispostas algumas medidas lineares do sistema antigo e seus correspondentes no sistema métrico.

Sistema antigo	Sistema métrico (m)
1 linha	0,00229
1 polegada	0,0275
1 palmo	0,22
1 vara	1,10
1 braça	2,20
1 corda	33,00
1 quadra brasileira	132,00
1 polegada inglesa	0,0254
1 pé inglês	0,30479
1 jarda	0,91438
1 pé português	0,33
1 côvado	0,66
1 passo geométrico	1,65
1 toesa	1,98
1 quadra do Uruguai	110,00
1 milha brasileira	2.200,00
1 milha inglesa	1.609,31
1 milha métrica	1.833,33
1 milha marítima	1.851,85
1 légua métrica	5.500,00
1 légua marítima	5.555,55
1 légua bras./de sesmaria	6.600,00

Como alguns produtores rurais ainda usam determinadas unidades do sistema antigo, então serão mostrados exemplos de conversões das mesmas para o sistema métrico:

a. Transformar 540 braças (br) em quilômetro (km).

$$\begin{array}{lcl} 1\ \text{br} & \text{----} & 2{,}20\ \text{m} \\ 540\ \text{br} & \text{----} & x\ \text{m} \end{array} \rightarrow x = \frac{540\ \text{br} \times 2{,}20\ \text{m}}{1\ \text{br}} = 1.188\ \text{m}$$

$$\begin{array}{lcl} 1\ \text{km} & \text{----} & 10.000\ \text{m} \\ x\ \text{km} & \text{----} & 1.188\ \text{m} \end{array} \rightarrow x = \frac{1\ \text{km} \times 1.188\ \text{m}}{10.000\ \text{m}} = 1{,}188\ \text{km}$$

Então, 540 braças equivalem a 1,188 km.

b. Transformar 25 léguas (lg) métricas em quilômetro (km).

$$\begin{array}{lcl} 1\ \text{lg} & \text{----} & 5.500\ \text{m} \\ 25\ \text{lg} & \text{----} & x\ \text{m} \end{array} \rightarrow x = \frac{25\ \text{lg} \times 5.500\ \text{m}}{1\ \text{lg}} = 137.500{,}0\ \text{m}$$

$$\begin{array}{lcl} 1\ \text{km} & \text{----} & 10.000\ \text{m} \\ x\ \text{km} & \text{----} & 137.500\ \text{m} \end{array} \rightarrow x = \frac{1\ \text{km} \times 137.500\ \text{m}}{10.000\ \text{m}} = 137{,}5\ \text{km}$$

Desta forma, 25 léguas métricas equivalem a 137,5 km.

Sistema métrico

Basicamente o sistema métrico é composto por quilômetro (km), hectômetro (hm), decâmetro (dam), metro (m), decímetro (dm), centímetro (cm) e milímetro (mm). Observam-se na tabela abaixo os comprimentos, seus símbolos e os valores correspondentes na unidade métrica:

Medidas de grandes extensões			Unidade	Medidas de pequenas extensões		
km	hm	dam	m	dm	cm	mm
1.000 m	100 m	10 m	1 m	0,1 m	0,01 m	0,001 m

Unidades de área ou superfície

As principais unidades de superfície utilizadas nas medições atuais são:

Metro quadrado (m^2) - área de um quadrado de 1 m em cada lado;

Are - que corresponde a uma área quadrada de 10 m x 10 m = 100 m^2;

Hectare (ha) - área equivalente a um quadrado de 100 m x 100 m = 10.000 m^2;

Do sistema antigo de medidas de superfície, ainda pode--se encontrar pessoas que utilizam as seguintes unidades:

Braça quadrada = 4,84 m^2

Tarefa = 25 braças x 25 braças = 625 br^2 = 3.025 m^2

Quadra = 50 braças x 50 braças = 2.500 br^2 = 12.100 m^2

Acre = 4.046,86 m^2

Alqueire paulista (menor) = 2,42 ha = 24.200 m^2

Alqueire mineiro (geométrico) = 4,84 ha = 48.400 m^2

Para converter qualquer unidade destas, de m^2 para ha, basta dividir por 10.000. Ex: converter um alqueire mineiro para hectare.

$$\text{ha} = \frac{48.400\ m^2}{10.000\ m^2} = 4{,}84\ \text{ha}$$

Unidades angulares

Existem três tipos de unidades angulares, a saber: grau, grado e radiano.

No Brasil, a unidade de medida angular utilizada é o grau, proveniente do sistema sexagesimal, em que uma circunferência é dividida em 360º. Um grau se divide em 60 minutos, que por sua vez se divide em 60 segundos. Daí o nome de sistema sexagesimal. Os segundo ainda admitem partes fracionárias, porém no sistema centesimal.

Exemplo:

Final do ângulo de 15º20′ 40,3″= 0,3 = décimo de segundo;

Final do ângulo de 20º34′12,16″= 0,16=centésimo de segundo;

Final do ângulo de 18º25′15,125″=0,125=milésimo de segundo.

Às vezes se pretende demonstrar ou utilizar os ângulos no sistema sexagesimal (grau, minutos e segundos) ou no sistema centesimal (graus fracionados), desta forma, pode-se fazer a conversão de um sistema para outro através de algumas calculadoras que já possuem teclas especiais para esta função.

Exemplo:

=> Calculadora Cassio fx-82 MS

Converter um ângulo de 2º 15› 28,8» para o sistema centesimal.

Digite a seguinte sequencia de teclas na calculadora:

2 [° ′ ″] 15 [° ′ ″] 28,8 [° ′ ″] [=] 2º 15º 28,8º

[SHIFT] [° ′ ″] 2,258º

Note que, quando você digita a tecla de igual, no resultado não aparece os sinais de minuto e segundo, apenas o sinal de grau para todas as casas. Isso não está errado, pois a calculadora entende e sinaliza desta forma.

Para converte 2,258º para o sistema sexagesimal basta digitar a sequencia:

2,258 $\boxed{=}$ $\boxed{\text{° ' "}}$ 2º 15º 28,8º ou seja, 2º 15' 28,8"

=> Calculadora HP 20 S

$\boxed{\text{HR}}$ Converte para o sistema centesimal;

$\boxed{\text{HMS}}$ Converte para o sistema sexagesimal.

=> Calculadora Dismac HF 60 PR II

$\boxed{\rightarrow \alpha\,''}$ Converte para o sistema sexagesimal;

$\boxed{\alpha\,''}$ Converte para o centesimal.

=> Calculadora SHARP EL-9300 C

$\boxed{\text{MATH}}$ $\boxed{\text{D - 1}}$ $\boxed{\text{ENTER}}$ Converte para centesimal;

$\boxed{\text{MATH}}$ $\boxed{\text{D - 1}}$ $\boxed{\text{ENTER}}$ Converte para sexagesimal.

Quando não se dispõe de uma calculadora com essas teclas de conversão, deve-se realizar os cálculos de forma manual.

Exemplo:

Converter o ângulo 45º 35′ 23″ do sistema sexagesimal para o sistema centesimal.

Primeiramente transformam-se os minutos em segundos, multiplicando os mesmos por 60. Depois adicionam-se a este resultado os segundos do ângulo. Por fim, divide-se o total de segundos por 3.600 para obtenção da fração do ângulo.

$35' \times 60'' = 2.100''$

$2.100'' + 23'' = 2.123''$

$$\frac{2.123''}{3600} = 0{,}589722222$$

Então: $45^{o}\ 35'\ 23'' = 45{,}589722222^{o}$

O grado apresenta-se no sistema centesimal, sendo uma parte inteira e outra fracionada, sendo usado em alguns países para medidas de ângulos. Uma circunferência completa possui 400^{g}.

Para converter graus (A^{o}) em grados (A^{g}), utiliza-se o seguinte raciocínio:

$$\frac{A^{o}}{A^{g}} = \frac{360}{400} \Rightarrow \frac{A^{o}}{A^{g}} = \frac{9}{10} \Rightarrow A^{g} = \frac{A^{o} \cdot 10}{9}$$

Para converter grados (A^{g}) em graus (A^{o}), utiliza-se o seguinte raciocínio:

$$\frac{A^{g}}{A^{o}} = \frac{400}{360} \Rightarrow \frac{A^{g}}{A^{o}} = \frac{10}{9} \Rightarrow A^{o} = \frac{A^{g} \cdot 9}{10}$$

Exemplo: Deseja-se converter o ângulo $57^{o}\ 25'\ 20''$ em grados.

Antes de por os números na fórmula acima, deve-se converter a parte fracionada do grau em segundos e dividi-la por 3.600, obtendo a fração decimal do grau.

$25 \times 60'' = 1.500'' + 20'' = 1.520''$, logo:

$$\frac{1.520''}{3.600} = 0{,}4222 + 57° = 57{,}4222°$$

Usando a fórmula de conversão teremos:

$$A^{g} = \frac{57{,}4222° \,.\, 10}{9} = 63{,}8024^{g}$$

Exemplo 2: Deseja-se converter o grado $34{,}1873^{g}$ em graus.

Usando a fórmula de conversão teremos:

$$A^{o} = \frac{34{,}1873^{g} \,.\, 9}{10} = 30{,}76857^{o}$$

Transformando a fração de graus em minutos:

$0{,}76857 \times 60' = 46{,}1142'$

Transformando a fração de minutos em segundos:

$0{,}1142 \times 60'' = 6{,}852''$

Portanto o resultado será:

$A^{o} \triangleq 30^{o}\ 46'\ 7''$

Por último, o radiano trata-se de uma unidade de medida de ângulo e arco, definido como ângulo central ou raio de um círculo. Um ângulo em radiano se escreva da seguinte forma: 5,15 π rad.

Para converter graus (A^o) em radianos (R rad) utiliza-se a seguinte fórmula:

$$R\ rad = \frac{A° \,.\, \pi\ rad}{180}$$

Exemplo

Converter 160^o em radianos.

$$R\ rad = \frac{160° \,.\, \pi\ rad}{180} \cong 0{,}8888889\ \pi\ rad$$

Para converter radianos (R rad) em graus (A^o) inverte a fórmula anterior:

$$A° = \frac{180° \,.\, R\ rad}{\pi\ rad}$$

Exemplo

Converter 1,333333333 π rad em graus.

$$A° = \frac{180° \,.\, 1{,}333333333\ \pi\ rad}{\pi\ rad} = 240^o$$

Escalas do desenho topográfico

Escala é a razão ou relação estabelecida entre a medida de uma linha gráfica do desenho e sua equivalente distância natural no terreno.

No desenho topográfico tem-se duas principais grandezas de medida, angulares e lineares, no entanto, apenas as grandezas lineares são representadas no desenho após transformação através de escalas. Os ângulos são representados no desenho com sua grandeza natural.

Basicamente, na topografia trabalham-se com três tipos de escala: a natural, de redução e a de ampliação.

Na escala natural, o desenho apresenta o mesmo tamanho do objeto real. Desta forma, a escala será representada pela expressão numérica 1:1. Esta escala é muito utilizada na área industrial, onde precisa-se representar objetos de tamanhos relativamente pequenos. Ex: canetas, parafusos, etc.

A escala de redução é aquela em que o desenho do objeto é menor do que seu tamanho natural (ex: casas, terrenos, etc.). A representação desta escala de redução seria, por exemplo 1:200.

Já na escala de ampliação, temos um objeto de tamanho real muito pequeno (ex: uma peça de celular) e se deseja representá-lo em tamanho maior, para melhor visualização de seus detalhes. Um exemplo de representação da escala seria 10:1.

Para determinar essas transformações de medidas utiliza-se a seguinte fórmula:

$$\frac{1}{E} = \frac{d}{D}$$

Onde:

E = escala do desenho

d = distância gráfica no papel

D = distância natural no terreno

Simplificando a fórmula teremos:

=> $D = d.E$

=> $d = \dfrac{D}{E}$

=> $E = \dfrac{D}{d}$

Exemplos:

a) Quantos metros, na realidade, possuirá um cercado que aparece no desenho com medida de 0,45 m, na escala de 1:500?

D = 0,45 m . 500

D = 225 m de cerca

b) Uma estrada de 3.500 m de comprimento foi representada graficamente usando-se a escala 1:10.000. Qual será sua medida no desenho?

$$d = \frac{3.500m}{10.000} = 0{,}35 \text{ m} = 35 \text{ cm}$$

c) No campo verificou-se que a distância entre as duas extremidades de uma fazenda é de 4.600. Sabendo-se que essa mesma medida foi representada no desenho por 0,5 m, qual será a escala da planta?

$$E = \frac{4.600m}{0{,}5} = 9.200 \text{ ou seja } 1:9.200$$

d) Em um desenho de escala 1:600 foi verificada uma área de 350 cm^2. Qual será a área real deste terreno?

$D = 350\ cm^2 \times (600^2) = 126.000.000{,}00\ cm^2$

$D = 12.600{,}00\ m^2$

CAPÍTULO 4

CÁLCULO DE DISTÂNCIAS E ÁREAS

Cálculo de Distâncias

Para se obter o desenho topográfico de uma determinada área, é preciso que se determine a distância entre seus pontos de limite, de forma que, esta medição seja realizada no plano horizontal. Essas distâncias lineares podem ser medidas basicamente por processos diretos ou indiretos, dependendo dos equipamentos empregados. A seguir serão explanados os dois métodos utilizados nestas medições.

Medidas diretas de distâncias

Neste processo de medição são empregados equipamentos simples, denominados diastímetros, os quais apresentam diferentes precisões de acordo como o tipo e material empregado na sua fabricação.

Os equipamentos que fornecem medidas de baixa precisão geralmente são utilizados nos levantamentos expeditos, ou seja, naqueles em que não se necessita de exatidão. Para esta finalidade podem ser empregados os seguintes métodos ou equipamentos:

a) Passo do homem

b) Hodômetros e rodas de medição

c) Réguas graduadas

Para se obter medidas de média precisão são utilizados equipamentos que possuem baixo coeficiente de dilatação, como:

a) Cadeia do agrimensor

b) Fita de aço

c) Trena de aço

Quando se precisa utilizar um diastímetro de alta precisão, ou seja, de coeficiente de dilatação quase nulo, adquire-se o fio de invar, cujo material de fabricação é composto por ferro e níquel.

Independente do tipo de diastímetro a ser utilizado, a medição da distância deve ser o mais próximo possível ao plano horizontal do alinhamento. A seguir serão demonstradas duas situações de medição horizontal com diastímetros.

Medição de um lance

Utiliza-se este método quando pretende-se obter uma distância relativamente pequena, onde se utiliza apenas um lance com diastímetro (Figura 13). N este caso, a distância a ser medida não pode ser maior que o próprio diastímetro.

Observa-se na figura abaixo que o diastímetro está seguindo o alinhamento do plano topográfico horizontal. Para se obter essa horizontalidade pode-se utilizar níveis de mangueira (usados na construção civil) nas laterais das balizas.

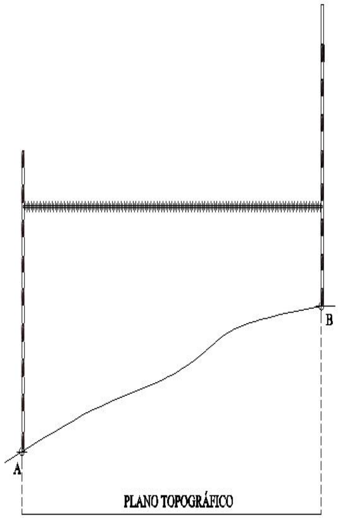


Figura 13. Uso correto do diastímetro em lance único.

Medições de vários lances

Este método de medição é empregado quando a distância a ser medida é largamente maior que o comprimento do diastímetro (Figura 14). Neste caso, além do se tomar os cuidados na horizontalidade do diastímetro, também se tem que observar o alinhamento entre os pontos a serem medidos. Isso se consegue com o balizamento deste espaço.

O balizamento é realizado da seguinte maneira: o balizeiro de ré se posiciona no início do alinhamento (ponto A), enquanto que o balizeiro de vante se posta no final do alinhamento (ponto B). Feito isso, o balizeiro intermediário seguirá as orientações do balizeiro de ré para que sua baliza fique dentro do alinhamento entre os pontos A e B. Quando o balizeiro intermediário estiver dentro deste alinhamento, então procede-se à medição do alinhamento horizontal A-1. Após a medição, o balizeiro intermediário põe uma ficha ou um piquete no ponto 1. O próximo passo será medir o alinhamento 1-2. Para isso, agora o balizeiro de ré irá por sua baliza no ponto 1, enquanto que o balizeiro intermediário se posicionará no ponto 2 e irá seguir novamente a orientação do balizeiro de ré, entrando assim no alinhamento. Em seguida, após alinhado, o balizeiro intermediário faz a leitura da distância do alinhamento 1-2. Os demais pontos seguem o mesmo procedimento até chegar ao final da medição (ponto B). Para se obter a distância total, do ponto A ao ponto B, basta fazer a multiplicação e/ou somatória dos intervalos do alinhamento.

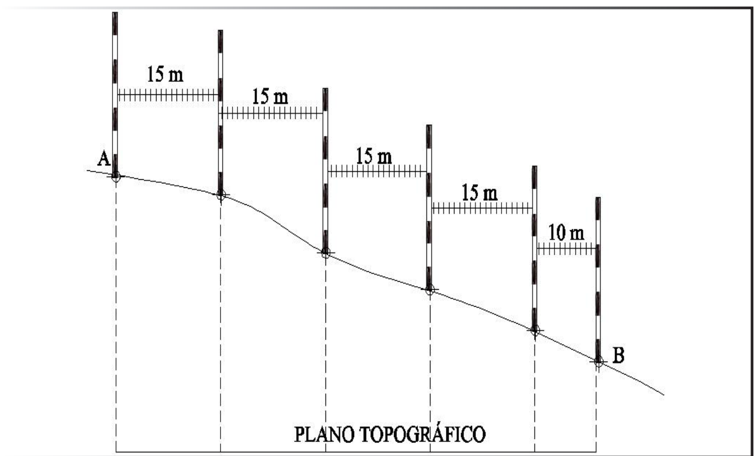


Figura 14. Uso correto do diastímetro em vários lances.

Além das medições horizontais de distâncias, também é possível se obter a diferença de nível (DN) e a declividade do alinhamento com o emprego de diastímetros (Figura 15).

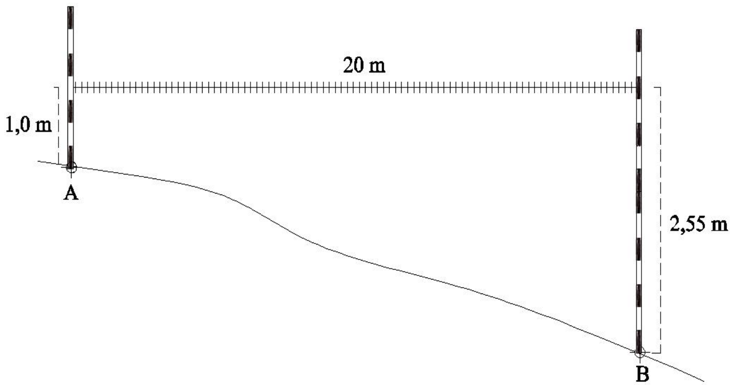


Figura 15. Medida horizontal e vertical com diastímetro em lance único.

Levando-se em consideração os dados da figura 15, podemos determinar a diferença de nível e a declividade (%D) da seguinte forma:

DH = 20 m

DN = 2,55 m - 1,0 m = 1,55 m

$$\%D = \frac{DN}{DH} \times 100$$

$$\%D = \frac{1{,}55m}{20m} \times 100 = 7{,}75\%$$

Neste caso, a declividade observada entre o intervalo do ponto A ao B será de 7,75%.

Quando se tem distâncias com vários lances, basta fazer o mesmo procedimento para cada lance e depois somar tudo no final. Segue abaixo um exemplo da figura 16.

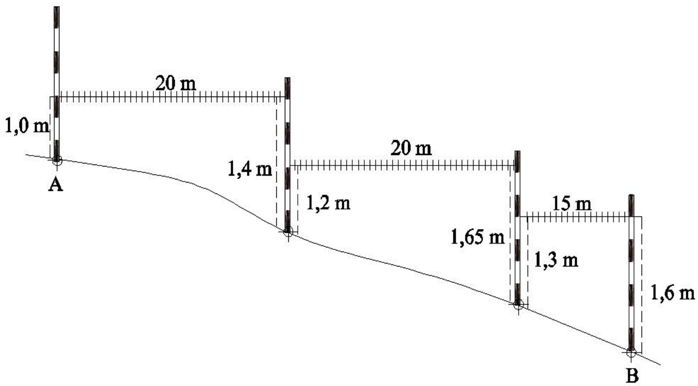


Figura 16. Medida horizontal e vertical com diastímetro em vários lances.

Dados:

DH = 20 m + 20 m + 15 m = 55 m

DN = (1,4 m - 1,0 m) + (1,65 m - 1,2 m) + (1,6 m - 1,3 m) =

DN = 1,15 m

Com a utilização dos diastímetros também podemos traças perpendiculares, as quais podem nos auxiliar na continuação de um alinhamento já existente com a finalidade de transpor obstáculos. Esse procedimento é feito com auxílio de um triângulo retângulo feito com 12 metros de uma trena, formando lados de 3, 4 e 5 metros (Figura 17).

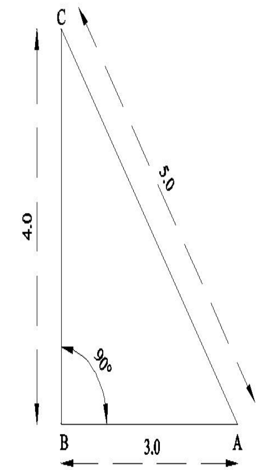


Figura 17. Triângulo retângulo feito com trena.

No campo, um balizeiro finca um piquete no ponto A, no qual ficará o início da trena (0 metro). Em seguida, estica-se a trena na direção do ponto B e mede-se 3 m, onde é posto outro piquete. Continuando-se o procedimento, estica-se a trena em direção ao ponto C até se obter uma distância de 4 m de lado. Neste ponto a trena estará em 7 m (3 + 4 m), contando os dois lados (A-B; B-C). O último passo é seguir com a trena esticada em direção ao ponto A, até se obter uma hipotenusa de 5 m. neste ponto a trena estará justamente em 12 m. Feito isso, agora poderá ser posto o piquete no ponto C, obtendo assim um ângulo de 90°.

Com esse triângulo retângulo podemos fazer a continuação de um alinhamento do outro lado de um obstáculo (Figura 18), seja ele um lago, construção, rocha, etc..

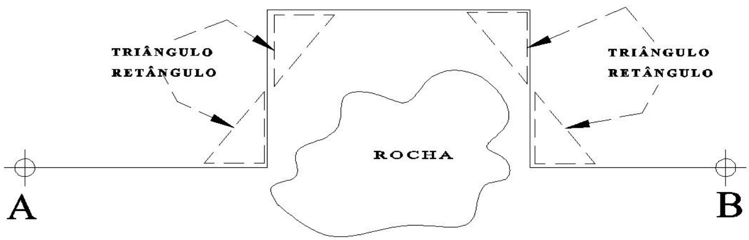


Figura 18. Transposição de obstáculos usando o triângulo retângulo.

Medidas indiretas de distâncias (Taqueometria)

A determinação de medidas indiretas de distâncias é realizada através de cálculos secundários, com auxílio de dados obtidos no taqueômetro (teodolito). Estes dados são obtidos a partir da leitura do ângulo de inclinação da luneta e da coincidência dos fios estadimétricos (superior, médio e inferior) com as medidas da régua graduada (Figura 19).

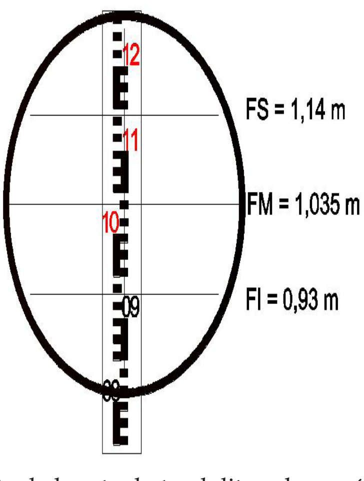


Figura 19. Visão da luneta do teodolito sobre a régua graduada.

Basicamente, existem duas medidas indiretas que podemos fazer com a taqueometria. São elas: a distância horizontal (DH) e a distância vertical (DV) ou diferença de nível (DN).

Distância horizontal (DH)

Para se determinar a distância horizontal entre dois pontos no terreno, conta-se com auxílio de fórmulas já estabelecidas. A escolha de uma ou de outra fórmula vai depender do relevo do terreno, o qual indicará a necessidade de inclinação ou não da luneta.

No caso de terrenos planos (Figura 20), onde não há necessidade de inclinação da luneta e pode-se enxergar a régua graduada, utiliza-se a fórmula mais simples:

DH = 100 . H + C

Sendo,

DH = distância horizontal

H = (Fio superior - Fio inferior)

C = constante de Reichembach

A constante de Reichembach é encontrada em aparelhos antigos, cujas as lunetas são chamadas de aláticas. Nos aparelhos mais recentes, as lunetas são do tipo analáticas, ou seja, não possuem esta constante (C = 0). Neste caso, a fórmula pode ser reduzida para DH = 100 . H.

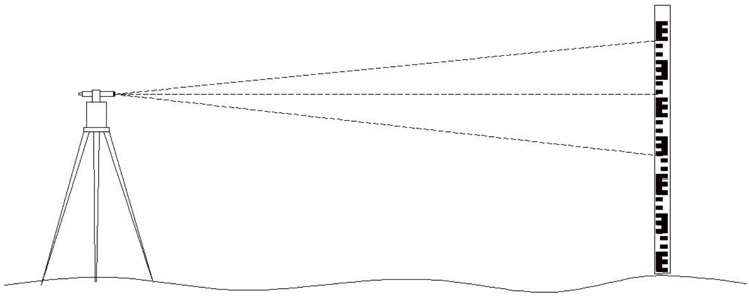


Figura 20. Visão horizontal em terreno plano.

Quando se tem terrenos que apresentam declividades acentuadas, há a necessidade de inclinação da luneta, o que forma um ângulo de inclinação vertical e a fórmula para determinar a distância horizontal passa a ser uma das seguintes:

- Considerando que a origem do ângulo de inclinação da luneta é no horizonte (Figura 21), a fórmula será:

$DH = 100 \cdot H \cdot \cos^2 \alpha$

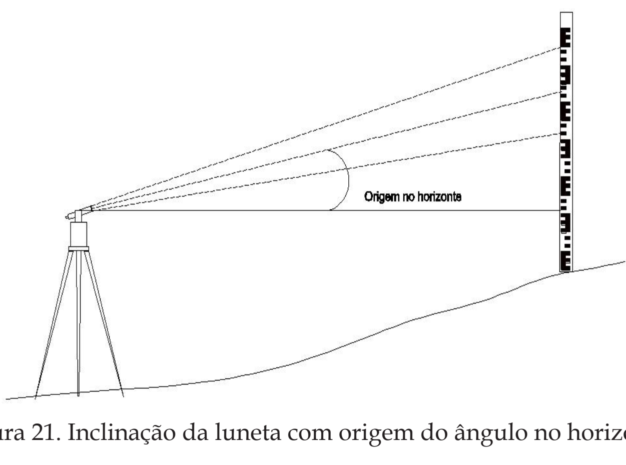


Figura 21. Inclinação da luneta com origem do ângulo no horizonte.

- Considerando que a origem do ângulo de inclinação da luneta é no Zênite (Figura 22), a fórmula será:

$DH = 100 \cdot H \cdot sen^2 Z$

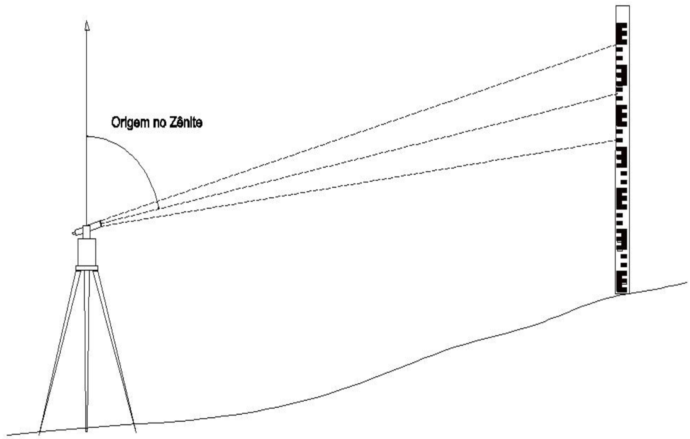


Figura 22. Inclinação da luneta com origem do ângulo no zênite.

Distância vertical (DV) ou Diferença de nível (DN)

Semelhante à determinação da distância horizontal, a distância vertical também apresenta fórmulas distintas, dependendo do relevo que o terreno apresenta.

No primeiro caso, visada ascendente, em que o teodolito está na parte mais baixa e a régua graduada está na mais alta do terreno (Figura 23). Teremos a determinação da distância vertical usando-se a seguinte fórmula:

$DV = 50 \cdot H \cdot sen\ (2\alpha) - FM + I$

Sendo,

DV = distância vertical

H = (Fio superior - Fio inferior)

α = ângulo de inclinação da luneta

FM = fio médio

I = altura do aparelho (medida do centro da luneta até o solo)

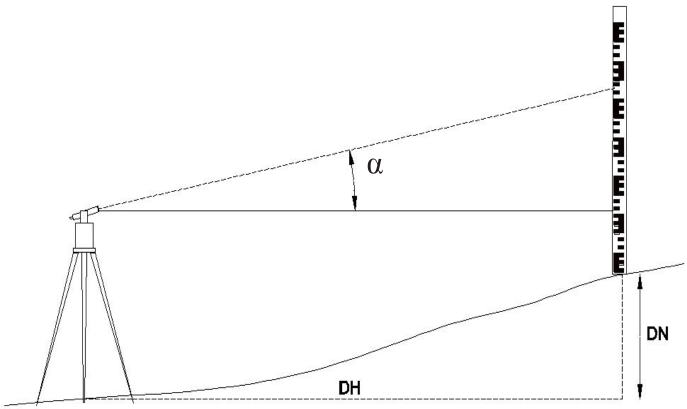


Figura 23. Ângulo de inclinação da luneta em visada ascendente.

Se o aparelho da medição possuir ângulo Zenital (Z) temos:

DN = DH . cotg Z - FM + I

A interpretação do resultado desta relação se faz da seguinte forma:

Se DN for positivo (+) significa que o terreno, no sentido da medição, está em ACLIVE.

Se DN for negativo (-) significa que o terreno, no sentido da medição, está em DECLIVE.

No segundo caso, visada descendente, o teodolito encontra-se na parte mais elevada do terreno, enquanto que a régua graduada na mais baixa (Figura 24). Sendo assim, a determinação da distância vertical entre dois pontos será dada pela fórmula:

DV = 50 . H . sen (2α) + FM - I

Sendo,

DV = distância vertical

H = (Fio superior - Fio inferior)

α = ângulo de inclinação da luneta

FM = fio médio

I = altura do aparelho (medida do centro da luneta até o solo)

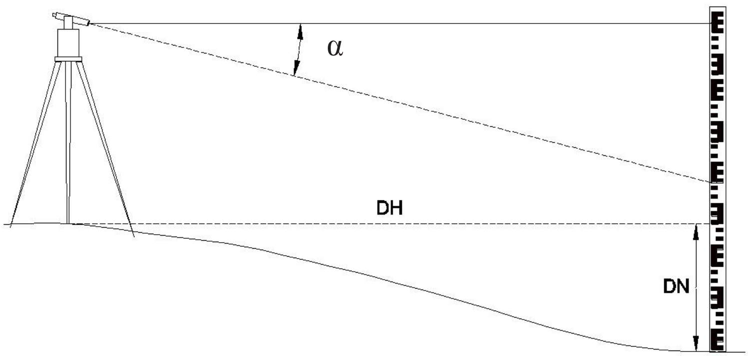


Figura 24. Ângulo de inclinação da luneta em visada descendente.

Levando-se em consideração aparelhos com ângulo Zenital (Z) temos:

DN = DH . cotg Z + FM - I

O resultado desta relação se faz com a seguinte interpretação:

Se DN for positivo (+) significa que o terreno, no sentido da medição, está em DECLIVE.

Se DN for negativo (-) significa que o terreno, no sentido da medição, está em ACLIVE.

Medidores eletrônicos de distâncias (MEDs)

O princípio de funcionamento dos MEDs está na emissão de um *laser*, o qual é refletido por um prisma e retorna ao aparelho, permitindo ao mesmo determinar a distância entre os pontos.

Atualmente, estes aparelhos estão se tornando cada vez mais populares, devido sua capacidade de aumentar a produtividade nas medições topográficas. Para ter uma ideia, alguns modelos desse equipamento podem alcançar distâncias entre 15 e 20 Km, com precisões milimétricas. Dentre os principais equipamentos mais usados nos levantamentos topográficos, estão as estações totais.

Exercícios de fixação

1. Em determinado levantamento topográfico foram realizadas as seguintes leituras: fio superior (FS) = 1,58 m; fio médio (FM) = 1,2; fio inferior (FI) = 0,82; ângulo de inclinação da luneta (α) = 6º 30′ 25″ descendente; altura do instrumento (I) = 1,60 m. a partir destes dados, calcular a distância horizontal (DH) e a vertical (DV) entre estes dois pontos.

$DH = 100 \cdot H \cdot \cos^2 \alpha$

$DH = 100 \cdot (1{,}58m - 0{,}82m) \cdot \cos^2 6^o 30› 25»$

$DH = 100 \cdot 0{,}76\ m \cdot (0{,}993558127)^2$

$DH = 76\ m \cdot 0{,}987157753$

$DH = 75{,}02\ m$

OBS: Para se calcular $\cos^2 6^o 30› 25»$, deve-se primeiro determinar o coseno do ângulo e depois elevar este resultado ao quadrado.

$DV = 50 \cdot H \cdot \text{sen } 2\alpha + FM - I$

DV = 50 . (1,58m - 0,82m) . sen (2 . 6º 30› 25») + 1,20 m - 1,60 m

DV = 50 . 0,76 m . sen (2 . 13º 00′ 50″) + 1,20 m - 1,60 m

DV = 38 m . 0,2252 + 1,20 m - 1,60 m

DV = 8,5576 m + 1,20 m - 1,60 m

DV = 8,16 m

2. Um teodolito está estacionado no ponto A, o qual possui cota de 210,5 m. Ao se colocar a régua graduada no ponto B, foram feitas as seguintes leituras: fio superior (FS) = 2,62 m; fio médio (FM) = 2,01 m; fio inferior (FI) = 1,40 m; ângulo de inclinação da luneta (α) = 8º 40′ 30″ descendente; altura do instrumento (I) = 1,65 m. De posse destes dados, determine a distância horizontal (DH), distância vertical (DV) e a cota do ponto B.

DH = 100 . H . $\cos^2 \alpha$

DH = 100 . (2,62 m - 1,4 m) . $\cos^2$ 8º 40› 30»

DH = 100 . 1,22 m . $(0{,}988559792)^2$

DH = 122 m . 0,977250463

DH = 119,22 m

DV = 50 . H . sen (2 α) - FM + I

DV = 50 . (2,62 m - 1,4 m) . sen (2 . 8º 40› 30») - 2,01 m + 1,65 m

DV = 50 . 1,22 m . sen 17º 21′ 00″ - 2,01 m + 1,65 m

DV = 61 m . 0,2982 - 2,01 m + 1,65 m

DV = 18,1902 m - 2,01 m + 1,65 m

DV = 17,83 m

Cota do ponto B = 210,5 m + 17,83 m = 228,33 m

3. Um determinado levantamento de distâncias foi efetuado com um aparelho que possui ângulo de origem zenital. A partir deste levantamento, pede-se para determinar a distância horizontal e vertical, que apresenta as seguintes leituras: FS = 2,14m; FM = 1,54m FI = 0,93m; I = 1,65m e Z = 77º 24′ 20″.

Então,

$DH = 100 . (2{,}14m - 0{,}93m) . sen^2\ 77^o\ 24'\ 20''$

$DH = 100 . 1{,}21m . 0{,}975937909^2$

$DH = 100 . 1{,}21m . 0{,}952454802$

$DH = 115{,}25m$

$DN = 115{,}25m . cotg\ 77^o\ 24'\ 20'' - 1{,}54m + 1{,}65m$

$DN = 115{,}25m . 0{,}223424677 - 1{,}54m + 1{,}65m$

$DN = 25{,}74969411 - 1{,}54m + 1{,}65m$

$DN = 25{,}86m$

Cálculo de Áreas

Atualmente na topografia, as determinações de áreas são feitas através de *Softwares,* no entanto, nem sempre dispomos destes auxílios em tempo integral, como por exemplo, no campo. Tendo em vista esta necessidade imediata, será listado aqui algumas fórmulas para determinação de áreas das principais figuras planas.

Triângulos

A área de um triângulo retângulo (Figura 25) ou um triângulo qualquer (Figura 26) é determinada pela multiplicação de sua base pela altura, cujo resultado é dividido por dois. Porém, existem outras fórmulas que podem nos fornecer os mesmos resultados.

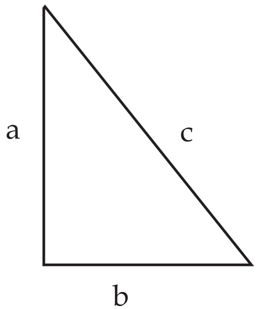


Figura 25. Triângulo retângulo

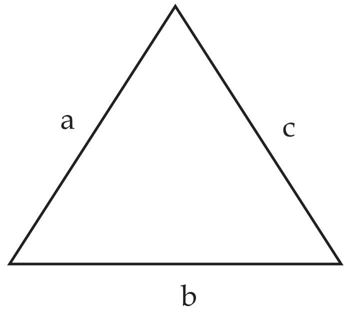


Figura 26. Triângulo qualquer

$$\text{Área} = \frac{\text{base (b) . altura (a)}}{2}$$

Ou ainda, para os dois tipos de triângulos,

$$\text{Área} = \sqrt{s.(s - a).(s - b).(s - c)}$$

$$s = \frac{a + b + c}{2}$$

Se por acaso, não se dispõe de um dos lados do triângulo retângulo, pode-se obtê-lo através do teorema de Pitágoras:

$c^2 = a^2 + b^2$

Seu perímetro (P) é dado por P = a + b + c.

Exercícios de fixação

Determinar, através das duas fórmulas, a área de um triângulo retângulo com as seguintes medidas dos lados:

a = 352,18 m b = 421,25 m c = 549,07 m

$$\text{Área} = \frac{421{,}25\ \text{m} \ .\ 352{,}18\ \text{m}}{2} = 74.177{,}91\ \text{m}^2$$

Na segunda fórmula teremos:

$$s = \frac{352{,}18\ \text{m} + 421{,}25\ \text{m} + 549{,}07\ \text{m}}{2} = 661{,}25$$

$$s - a = 661{,}25 - 352{,}18 = 309{,}07$$

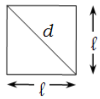
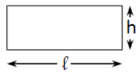
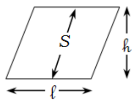
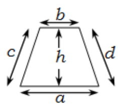
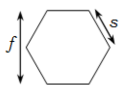
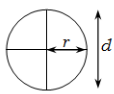
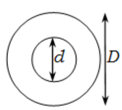
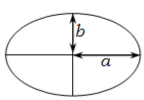
$$s - b = 661{,}25 - 421{,}25 = 240{,}00$$

$$s - c = 661{,}25 - 549{,}07 = 112{,}18$$

$$\text{Área} = \sqrt{661{,}25 \times 309{,}07 \times 240{,}00 \times 112{,}18}$$

$$\text{Área} = 74.177{,}91\ \text{m}^2$$

Outras figuras planas

NOME	FIGURA	PERÍMETRO	ÁREA
Quadrado		$4\,l$	l^2 ou $\frac{d^2}{2}$
Retângulo		$2\,(l + h)$	$l\,.\,h$
Paralelogramo		$2\,(l + S)$	$l\,.\,h$
Trapézio		$a + b + c + d$	$h\left(\frac{a+b}{2}\right)$
Hexágono		$6\,s$	$0{,}866\,.\,f^2$
Círculo		$\pi\,.\,d$ ou $2\,.\,\pi\,.\,r$	$\pi\,.\,r^2$
Coroa circular		$(\pi\,.\,d) + (\pi\,.\,D)$	$\frac{\pi}{4}(D^4 - d^2)$
Elipse		$\pi[1{,}5\,(a + b) - \sqrt{a.b}]$	$\pi\,.\,a\,.\,b$

CAPÍTULO 5

MÉTODOS DE LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO

Define-se levantamento topográfico como sendo um conjunto de operações, realizadas no campo, para se obter medidas angulares e lineares capazes de representar uma porção da superfície terrestre.

De acordo com as normas técnicas para execução de levantamentos topográfico - NBR 13.133 da ABNT, o levantamento topográfico, em qualquer de suas finalidades, deve ter, no mínimo, as fases a seguir:

a) Planejamento, seleção de métodos e aparelhagem;
b) Apoio topográfico;
c) Levantamento de detalhes;
d) Cálculos e ajustes;
e) Original topográfico;
f) Desenho topográfico final e,
g) Relatório técnico.

Quando o levantamento topográfico se destina à escrituração de propriedades rurais em cartórios de registros de imóveis, também são solicitados alguns documentos complementares, como o memorial. Esse memorial descritivo contém as principais informações da propriedade rural, tais como:

a. Nome da propriedade e do proprietário;
b. Limites do perímetro, com descrição dos ângulos e distâncias que definem sua área;
c. Endereço e nome dos confrontantes (vizinhos);
d. Área, perímetro, nome do topógrafo e seu registro de classe (CREA).

Abaixo segue um modelo de memorial descritivo sugerido pelo Incra (Dados fictícios).

MEMORIAL DESCRITIVO

Imóvel:_____ Comarca:_____

Proprietário: _____

Município: _____ U.F: _____

Matrícula: _____ Código INCRA: _____

Área (ha): _____ Perímetro (m): _____.

Inicia-se a descrição deste perímetro no vértice MHJ-M-0001 , de coordenadas N 8.259.340,39 m e E 196.606,83 m, situado no limite da faixa de domínio da Estrada Municipal, que liga Carimbo a Pirapora e nos limite da Fazenda Santa Rita, código INCRA_____; deste, segue confrontando com a Fazenda Santa Rita, com os seguintes azimutes e distancias: 96°24'17"e 48,05 m até o vértice MHJ-M-0002, de coordenadas N 8.259.335,03 m e E 196.654,58 m; 90°44'06"e de 25,72 m até o vértice MHJ-M-0003, de coordenadas N 8.259.334,70 m e E 196.680,30 m; 98°40'35" e 79,35 m até o vértice MHJ-M-0004, de coordenadas N 8.259.334,70 m e E 196.680,30 m; 98°40'39" e 32,41 m até o vértice MHJ-M-0005, de coordenadas N 8.259.317,84 m e E 196.790,78 m, situado na margem esquerda do córrego da Palha; deste, segue pelo referido córrego a montante, com os seguintes azimutes e distancias:167°39'33" e 10,57 m até o vértice MHJ-P-0001, de coordenadas N 8.259.307,51 m e E 196.793,04 m; 170°58'05" e 10.06 m até o vértice MHJ-P-0002, de coordenadas N 8.259.297,57 m e

E 196.794,62 m; 180°32’08” e 9,63 m até o vértice MHJ-P-0003, de coordenadas N 8.259.285,39 m e E 196.794,08 m;199°50’29” e 9,66 m até o vértice MHJ-P-0004 de coordenadas N 8.259.276,30 m e E 196.790,80 m;208°30’56” e 10,12 m até o vértice MHJ-P-0005, de coordenadas N 8.259.267,41 m e E 196.785,97 m;209°06’51” e 10,26 m até o vértice MHJ-P-0006 de coordenadas N 8.259.258,45 m e E 196.780,98 m, 201°49’21” e 10,06 m até o vértice MHJ-P-0007 de coordenadas N 8.259.249,11 m e E 196.777,24 m; 188°11’44” e 9,89 m até o vértice MHJ-M-0006 de coordenadas 8.259.239,32 m e 196.775,83 m, situado na margem esquerda do córrego da Palha e divisa da Fazenda São José, código INCRA _____; deste, segue confrontando com a Fazenda São José com os seguintes Azimutes e distâncias: 276°11’31” e 30,32 m até o vértice MHJ-M-0007 de coordenadas N 8.259.242,59 m e E 196.145,69 m; 282°03’45” e 152,17 m até o MHJ-M-0008 de coordenadas N 8.259.274,39 m e E 196.596,88 m, situado da divisa da Fazenda São José e limite da faixa de domínio da estrada municipal que liga Carimbó a Pirapora;deste, segue pela limite da faixa de domínio da Estrada Municipal, com os seguintes azimutes e distâncias: 347°08’31” e 17,93 m até o vértice MHJ-P-0008 de coordenadas N 8.259.291,87 m e E 196.592,89 m; 02°56’12” e 15,03 m até o vértice MHJ-P-0009 de coordenadas N 8.259.306,88 m e E 196.593,66 m; 25°49’11” e 12,03 m até o vértice MHJ-P-0010 de coordenadas N 8.259.317,71 m e E 196.598,90 m; 19°16’19” e 24,03 m até o vértice MHJ-M-0001, ponto inicial da descrição deste perímetro. Todas as coordenadas aqui descritas estão georreferenciadas ao Sistema Geodésico Brasileiro, a partir da estação ativa da RBMC de Brasília, de coordenadas E _____e N _____e encontram-se representadas no Sistema UTM, referenciadas ao Meridiano Central nº 45 WGr, tendo como datum o SAD-69. Todos os azimutes e distâncias, área e perímetro foram calculados no plano de projeção UTM.

Brasília, de de 2003

Resp. Técnico
Código Credenciamento
____

Eng. Agrimensor CREA ________

ART _________________

Em um levantamento topográfico pode-se usar apenas um de seus métodos, ou um conjunto deles. Essa escolha vai depender das características da propriedade rural a ser representada, ou seja, extensão de terra a ser medida e/ou acidentes topográficos presentes na mesma.

Diante disso, os principais métodos de levantamento topográfico planimétrico serão descritos nos próximos parágrafos.

Levantamento por Irradiação

Este método de levantamento é mais eficiente quando empregado apenas em pequenas áreas, livres de obstáculos que dificultem a visão dos pontos de limites da propriedade. Quando é utilizado como único método de levantamento de uma área, sua precisão fica comprometida, pois é um procedimento que não permite controle e correção dos erros que venham a ser cometidos. No entanto, quando auxilia o levantamento por caminhamento, apresenta a possibilidade de controle e correção dos erros e torna-se imprescindível para o levantamento dos detalhes do terreno.

Na prática (Figura 27), esse levantamento consiste em instalar o aparelho (teodolito ou estação total) num local (estação E0), dentro ou fora da área a ser levantada, de modo que se tenha visão para todos os pontos de limite da propriedade, assim como dos pontos internos de interesse como árvores, postes, casas, etc. Neste momento também se colocam os piquetes nos pontos de limites ou vértices do terreno (1; 2; 3; 4 e 5). Em seguida, é feita a instalação e o nivelamento do aparelho, procedendo também á orientação do mesmo de acordo com uma referência (Norte magnético ou verdadeiro, marco de referência, etc.), e zera-se o ângulo horizontal nesta posição. No próximo passo, deve-se destravar o aparelho e girar a luneta do mesmo em direção ao pé da baliza, a qual está no ponto 1. Agora trava-se novamente o aparelho e lê-se o rumo ou azimute formado entre a referência (ponto 0) e o ponto 1. Em seguida, retira-se a baliza e põe-se a mira para se fazer a leitura dos fios estadimétricos e do ângulo vertical, no caso de leitura com teodolito. Se for utilizada a estação total, põe-se o bastão com o prisma no lugar da baliza e procede-se a leitura da distância horizontal, distância inclinada e os ângulos horizontal e vertical. Para os demais vértices (2, 3, 4 e 5), o procedimento vai ser o mesmo.

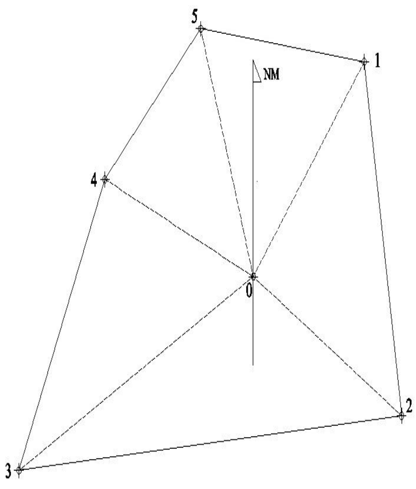


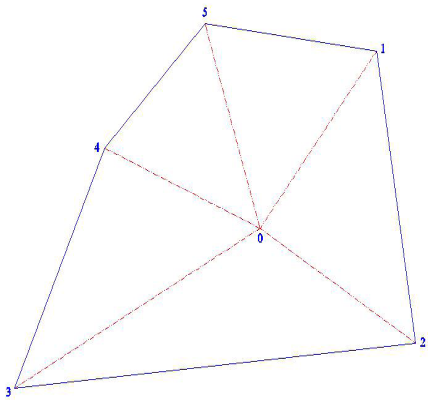
Figura 27. Levantamento por irradiação.

Segue um exemplo de caderneta de campo para o levantamento por irradiação da figura 27, quando a leitura é realizada através de azimutes magnéticos (origem no norte magnético).

Cliente: Centro de Ciências Agrárias e Ambientais/UEPB									
Local: Lagoa Seca - PB								Data: 16/10/2016	
Técnico: Cláudio S. Soares									
AI	E	PV	AZIMUTE	Fios estadimétricos			Â. zenital	DH	OBS
				FS	FM	FI			
1,65	E0	1	40º 30′ 00″	1,42	1,27	1,12	96º 10′ 00″	29,65	Limite
1,65	E0	2	120º 00′ 00″	1,38	1,25	1,11	98º 12′ 00″	26,45	Limite
1,65	E0	3	243º 50′ 00″	1,76	1,56	1,35	95º 50′ 00″	40,58	Limite
1,65	E0	4	292º 26′ 00″	1,70	1,58	1,45	96º 30′ 00″	24,68	Limite
1,65	E0	5	341º 20′ 00″	1,65	1,52	1,40	94º 50′ 00″	24,91	Limite

Legenda: A.I= altura do instrumento; E= estação ocupada; P.V= ponto visado; ÂH= ângulo horizontal externo; FS= fio superior; FM= fio médio; FI= fio inferior; ÂV= ângulo zenital; DH= distância horizontal.

Croqui da área (sem escala):



Cálculos de escritório

A partir dos dados levantados no campo, é possível fazer a representação gráfica da área. Para isso, torna-se necessário conhecer as coordenadas totais (X, Y) para todos os pontos do terreno. Neste caso, não temos como fazer correções de erros de fechamento angular ou linear.

Quando essa medição implica em coletar azimutes e distâncias horizontais, imediatamente já se tem as coordenadas polares, restando apenas, fazer as transformações destas em coordenadas cartesianas retangulares (parciais ou totais). Para este exemplo, serão usados os dados da caderneta de campo acima.

a) Coordenadas parciais e totais

Primeiramente, as transformações dos azimutes em coordenadas parciais são realizadas através das seguintes fórmulas:

$X = \text{sen Azimute} \cdot DH$

$Y = \cos \text{Azimute} \cdot DH$

No exemplo tem-se:

$X_{0\text{-}1} = \text{sen } 40^\circ\, 30'\, 00'' \,.\, 29{,}65 \text{ m} = 19{,}2561$

$Y_{0\text{-}1} = \cos 40^\circ\, 30'\, 00'' \,.\, 29{,}65 \text{ m} = 22{,}5460$

$X_{0\text{-}2} = \text{sen } 120^\circ\, 00'\, 00'' \,.\, 26{,}45 \text{ m} = 22{,}9064$

$Y_{0\text{-}2} = \cos 120^\circ\, 00'\, 00'' \,.\, 26{,}45 \text{ m} = -13{,}225$

$X_{0\text{-}3} = \text{sen } 243^\circ\, 50'\, 00'' \,.\, 40{,}58 \text{ m} = -36{,}4212$

$Y_{0\text{-}3} = \cos 243^\circ\, 50'\, 00'' \,.\, 40{,}58 \text{ m} = -17{,}8951$

$X_{0\text{-}4} = \text{sen } 292^\circ\, 26'\, 00'' \,.\, 24{,}68 \text{ m} = -22{,}8123$

$Y_{0\text{-}4} = \cos 292^\circ\, 26'\, 00'' \,.\, 24{,}68 \text{ m} = 9{,}4181$

$X_{0\text{-}5} = \text{sen } 341^\circ\, 20'\, 00'' \,.\, 24{,}91 \text{ m} = -7{,}9727$

$Y_{0\text{-}5} = \cos 341^\circ\, 20'\, 00'' \,.\, 24{,}91 \text{ m} = 23{,}5997$

A partir dos cálculos acima, origina-se a tabela com as coordenadas parciais calculadas e coordenadas totais dos pontos irradiados:

EST	PV	AZIMUTES	DH	Coord. Parc. Calcul.		Coordenadas Totais	
				x ±	y ±	X	Y
E0	1	30° 15′	85,30	19,2561	22,5460	19.2561	22.5460
	2	106° 42′	95,21	22,9064	-13,225	22.9064	-13.225
	3	198° 37′	45,80	-36,4212	-17,8951	-36.4212	-17.8951
	4	253° 28′	70,40	-22,8123	9,4181	-22.8123	9.4181
	5	320° 30′	71,02	-7,9727	23,5997	-7.9727	23.5997

Quando se estabelece valores iguais de origem de eixos para o ponto de estação "E0" (X = 0; Y = 0), as coordenadas totais dos pontos irradiados permanecerão as mesmas coordenadas parciais calculadas (x e y). Por outro lado, se o ponto de estação "E0" tiver valores de X e Y, as coordenadas totais serão obtidas somando-se algebricamente a estes valores.

Uma verificação da apresentação de erros é analisar visualmente o desenho da poligonal ou medir mais pontos nos alinhamentos, estes deverão estabelecer a verdadeira reta.

Após serem definidas as coordenadas totais dos vértices, calculam-se as distâncias e a área.

b) Cálculo das distâncias horizontais entre os pontos de limite

Para determinação das distâncias entre os pontos de limite do terreno, é utilizada a expressão:

$$DH = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Seguindo-se com os dados da tabela 1, teremos:

$$DH1\text{-}2 = \sqrt{(22{,}9064 - 19{,}2561)^2 + ((-13{,}225) - 22{,}5460)^2}$$

$$DH1\text{-}2 = \sqrt{(13{,}3247 + 1279{,}5644)}$$

$$DH1\text{-}2 = 35{,}96 \text{ m}$$

$$DH2\text{-}3 = \sqrt{((-36{,}4212) - 22{,}9064)^2 + ((-17{,}8951) - (-13{,}225))^2}$$

$$DH2\text{-}3 = \sqrt{(3519{,}7641 + 21{,}8098)}$$

$$DH2\text{-}3 = 59{,}51 \text{ m}$$

$$DH3\text{-}4 = \sqrt{((-22{,}8123) - (-36{,}4212))^2 + (9{,}4181 - (-17{,}8951))^2}$$

$$DH3\text{-}4 = \sqrt{(185{,}2022 + 746{,}0109)}$$

$$DH3\text{-}4 = 30{,}52 \text{ m}$$

$$DH4\text{-}5 = \sqrt{((-7{,}9727) - (-22{,}8123))^2 + (23{,}5997 - 9{,}4181)^2}$$

$$DH3\text{-}4 = \sqrt{(220{,}2137 + 201{,}1178)}$$

$$DH3\text{-}4 = 20{,}53 \text{ m}$$

$$DH5\text{-}1 = \sqrt{(19{,}2561) - (-7{,}9727))^2 + (22{,}5460 - 23{,}5997)^2}$$

$$DH5\text{-}1 = \sqrt{(741{,}4075 + 1{,}1103)}$$

$$DH5\text{-}1 = 27{,}25 \text{ m}$$

c) Cálculo da área

Para se calcular a área de um terreno pode-se utilizar, dentre outros, o método das coordenadas totais, ou método de Gauss.

A fórmula simplificada para determinação desta área é dada pela expressão:

$$A = \frac{(\sum x.y) - (\sum y.x)}{2}$$

Para este exemplo, serão utilizados os dados calculados anteriormente.

A partir destes dados, é formada a tabela com as distâncias horizontais entre cada alinhamento:

	Coordenadas totais		
Alinhamento	X	Y	DH (m)
1 - 2	19,2561	22,5460	35,96
2 - 3	22,9064	-13,225	59,51
3 - 4	-36,4212	-17,8951	30,52
4 - 5	-22,8123	9,4181	20,53
5 - 1	-7,9727	23,5997	27,25
	19,2561	22,5460	

Uma forma de facilitar os cálculos é utilizando uma tabela com as coordenadas totais, onde são cruzadas setas indicando os valores que serão multiplicados entre si, como no exemplo acima. Ressalta-se que o primeiro valor das coordenadas X e Y deve ser repetido logo abaixo do último alinhamento.

Desta maneira teremos:

$\sum x.y$ = [(19,2561) x (-13,225)] + [(22,9064 x (-17,8951)] + [(-36,4212) x 9,4181] + [(-22,8123) x 23,5997] + [(-7,9727) x 22,5460] = -1.725,71

$\sum y.x$ = [(22,5460) x (22,9064)] + [(-13,225) x (-36,4212)] + [(-17,8951) x (-22,8123)] + [(9,4181) x (-7,9727)] + [(23,5997) x 19,2561] = 1.785,697

$$A = \frac{(\sum x.y) - (\sum y.x)}{2} = \frac{(-1.725,71) - (1.785,697)}{2} = 1.755,70m^2$$

Levantamento por Interseção

O levantamento por interseção é muito parecido com o de irradiação, pois seu uso também só é aconselhável em áreas relativamente planas e pequenas, onde se pode observar os pontos a serem medidos. No entanto, neste método o aparelho de medição é estacionado em dois locais com distância pré-estabelecida entre si, através de trena (Figura 28). Após escolher esses dois pontos, põem-se os piquetes nestas estações e nos locais onde se pretende medir. Feito isso, instala-se o aparelho no primeiro piquete (A) e a baliza no segundo (B), fazendo com que o limbo horizontal do aparelho seja zerado na direção da base desta baliza. Em seguida, gira-se o aparelho e visualiza-se a base da outra baliza no ponto P, determinando assim o ângulo α (57º 30’ 24”) e anotando o mesmo na caderneta de campo.

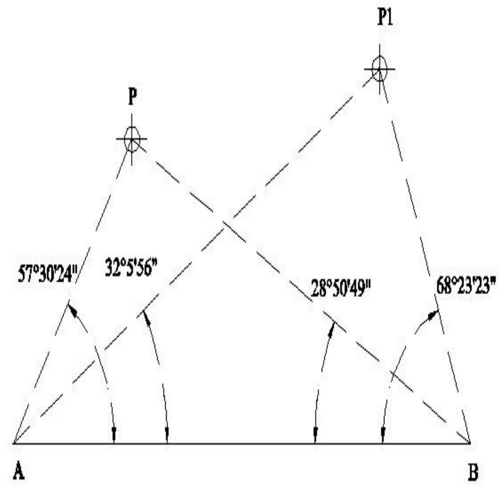


Figura 28. Levantamento por interseção.

Agora solta-se o movimento da luneta e visa-se o ponto P1, do qual se obtém o ângulo α 1 (32º 5′ 56″). Em um segundo momento, transfere-se o aparelho para a estação B e visa-se a estação A, fazendo-se com que seja zerado o limbo horizontal do aparelho. A seguir, visa-se a baliza no ponto P e faz-se a anotação do ângulo horizontal β (28º 50′ 49″). Solta-se novamente o movimento da luneta do aparelho e visa-se o ponto P1, de onde se obtém o ângulo horizontal β1 (68º 23′ 23″). Para os demais pontos que compõem o perímetro da área, o procedimento é o mesmo.

Através da formação destes triângulos, serão obtidas as distâncias para ser feito o desenho da área, seja por resolução de fórmulas trigonométricas ou pelo processo gráfico. Para melhor compreensão, segue o exemplo da figura 29.

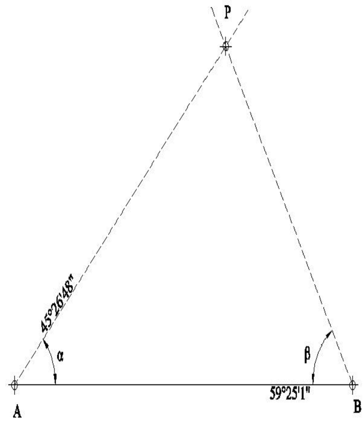


Figura 29. Determinação dos lados do triângulo AP e BP.

Determinação das distâncias: processo trigonométrico

De posse da caderneta de campo tem-se os seguintes dados:

AB = 30 metros

$\alpha = 45^{o}\ 26'\ 48''$

$\beta = 59^{o}\ 25'\ 01''$

Para se determinar os lados AP e BP será usada a lei dos senos com as fórmulas a seguir:

$$AP = \frac{AB \,.\, \text{sen}\, \beta}{\text{sen}\, [180^{o} - \alpha + \beta]}$$

$$BP = \frac{AB \,.\, \text{sen}\, \alpha}{\text{sen}\, [180^{o} - \alpha + \beta]}$$

Substituindo-se os valores nas fórmulas, teremos:

$$AP = \frac{30 \cdot \text{sen } 59^\circ\ 25'\ 01''}{\text{sen } [180^\circ - (45^\circ\ 26'\ 48'' + 59^\circ\ 25'\ 01'')]} = \frac{30 \cdot 0{,}86}{\text{sen } [180^\circ - (104^\circ\ 51'\ 49'')]} =$$

$$AP = \frac{30 \cdot 0{,}86}{\text{sen } [75^\circ\ 8'\ 11'']} = \frac{25{,}8}{0{,}966} = 26{,}71 \text{ m}$$

$$BP = \frac{30 \cdot \text{sen } 45^\circ\ 15'}{\text{sen } [180^\circ - (45^\circ\ 26'\ 48'' + 59^\circ\ 25'\ 01'')]} = \frac{30 \cdot 0{,}71}{\text{sen } [180^\circ - (104^\circ\ 51'\ 49'')]} =$$

$$BP = \frac{30 \cdot 0{,}71}{\text{sen } [75^\circ\ 8'\ 11'']} = \frac{21{,}3}{0{,}966} = 22{,}05 \text{ m}$$

Determinação das distâncias: processo gráfico

É feito pela transferência dos ângulos α e β a partir da base formada pelo alinhamento AB, em escala escolhida previamente (Figura 30). Pode ser feito à mão livre, com auxílio de transferidor de ângulos horizontais, ou por meio de *software* de desenho computacional.

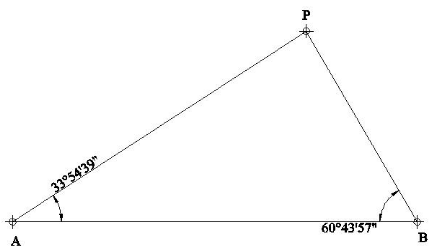


Figura 30. Desenho do triângulo pelo processo gráfico.

Levantamento por ordenadas

Ao exemplo dos outros dois tipos de levantamento vistos anteriormente, o levantamento por ordenadas também é bastante usado como método auxiliar do levantamento por caminhamento, o qual será visto mais adiante.

O levantamento por ordenadas tem sua maior utilidade quando se pretende representar detalhes sinuosos do terreno como cursos d´água (Figura 31). Basicamente são determinadas as coordenadas (x, y) através de medições que se iniciam e finalizam em pontos conhecidos.

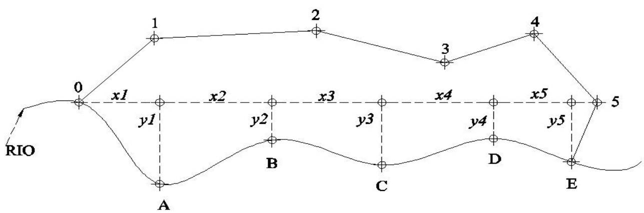


Figura 31. Levantamento por ordenadas.

A partir dos valores numéricos das abscisas (x) e ordenadas (y), pode-se definir todas as posições dos pontos topográficos (A, B, C, D, E) na planta baixa do terreno.

Levantamento por caminhamento

O levantamento por caminhamento consiste em percorrer todos os pontos de limite da propriedade, de forma que, suas distâncias e ângulos (azimutes ou rumos) sejam determinados. Na prática, é o tipo de levantamento mais utilizado pelos topógrafos, pois permite cobrir áreas relativamente grandes e acidentadas. É um método trabalhoso, mas permite grande precisão, quando comparado aos demais já citados. Outra vantagem sobre os demais métodos é que, no levantamento por caminhamento, há possibilidade de fazer a correção dos erros de fechamento angular e linear.

Este método de levantamento topográfico pode ser realizado pela medição de diferentes ângulos, sejam eles:

Caminhamento por ângulos externos

Este método de caminhamento é muito semelhante ao anteriormente citado, porém o sentido do caminhamento é horário (Figura 34). Na prática, é o procedimento de levantamento mais utilizado pelos topógrafos, principalmente, pelo fato de que o caminhamento no sentido horário lhes permite maior facilidade de execução em campo.

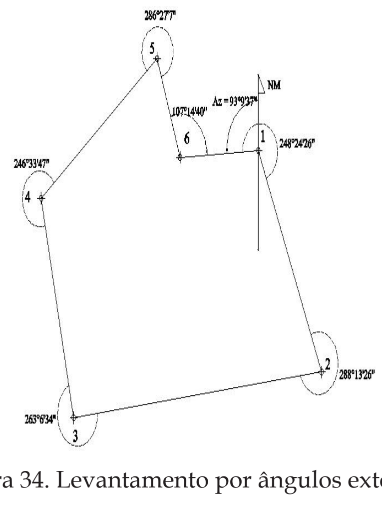


Figura 34. Levantamento por ângulos externos.

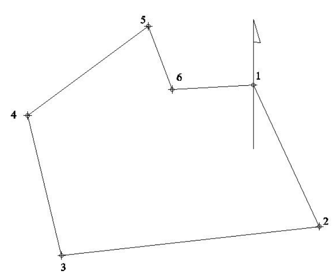
No campo executa-se a instalação do aparelho no ponto inicial escolhido, alinhando-se a luneta do aparelho com a baliza de ré. Em seguida, põe-se o ângulo horizontal do aparelho em 0º 00′ 00″. Em um segundo momento, gira-se a luneta para a baliza de vante e procede-se a leitura do ângulo externo. Com o aparelho ainda nesta estação, também é determinado o azimute do primeiro alinhamento.

A seguir, será demonstrado um exemplo de levantamento por caminhamento pelos ângulos externos, feito com estação total, assim como os cálculos de ajustes dos erros angulares e lineares.

Cliente: Centro de Ciências Agrárias e Ambientais/UEPB								
Local: Lagoa Seca - PB								Data: 01/10/2016
Técnico: Cláudio S. Soares								
E	PV	AZIMUTE	ÂH	ÂZ	AI	AP	DH	DI
E1	RÉ	266º 50′ 23″	-	-	-	-	-	-
E1	E2	-	248º 24′ 50″	95º 20′ 30″	1,60	1,65	28,575	28,7
E2	E3	-	288º 13′ 40″	90º 40′ 10″	1,62	1,65	46,990	47,0
E3	E4	-	263º 06′ 55″	83º 30′ 40″	1,60	1,65	26,330	26,5
E4	E5	-	246º 34′ 45″	91º 30′ 40″	1,59	1,65	27,290	27,3
E5	E6	-	286º 27′ 42″	92º 50′ 35″	1,60	1,65	12,280	12,3
E6	E1		107º 14′ 55″	90º 55′ 40″	1,68	1,65	14,690	14,7

Legenda: E= estação ocupada; PV= ponto visado; ÂH= ângulo horizontal externo; ÂZ= ângulo zenital; AI= altura do instrumento; AP= altura do prisma; DH= distância horizontal e DI= distância inclinada.

Croqui da área (sem escala):



Seguindo-se os dados da caderneta de campo acima, teremos os seguintes cálculos a realizar:

Cálculo do fechamento angular

Como já visto anteriormente, todo levantamento topográfico está sujeito a erros cometidos no campo. No entanto, dispõe-se de formas para distribuir esses erros entre os vértices da poligonal, desde que os mesmos sejam toleráveis. Caso contrário, o topógrafo deve voltar a campo e refazer parte ou todo levantamento novamente.

Determinação do fechamento angular (Fa)

Dependendo do número de vértices da poligonal, a mesma apresenta uma determinada correspondente angular. Para essa determinação, utiliza-se a seguinte fórmula para os caminhamentos por ângulos externos:

$Fa = 180^\circ \cdot (n+2)$

Onde:

Fa = fechamento angular

n = número de vértices

Então, para nosso exemplo temos:

$Fa = 180^\circ \cdot (6+2) = 1440^\circ\ 00'\ 00''$

Determinação do erro angular cometido (Δa)

De posse do fechamento angular (Fa), verifica-se o erro angular cometido durante o levantamento de campo. Esse erro é dado pela diferença entre a somatória dos ângulos externos lidos e o fechamento angular calculado (Fa). A expressão fica a seguinte:

$\Delta a = \sum \alpha e - Fa$

Onde: $\sum \alpha e$ = somatório dos ângulos externos

No exemplo tem-se:

$\sum \alpha e = 248^o\ 24'\ 50'' + 288^o\ 13'\ 40'' + 263^o\ 06'\ 55'' + 246^o\ 34'\ 45'' + 286^o\ 27'\ 42'' + 107^o\ 14'\ 55'' = 1440^o\ 02'\ 55''$

$\Delta a = 1440^o\ 02'\ 47'' - 1440^o\ 00'\ 00''$

$\Delta a = 02'\ 47'' = 167''$

Neste caso, houve um acréscimo de 02′ 47″, além do desejado para o fechamento da poligonal. Isso implica em uma posterior correção dos ângulos.

Tolerância do erro angular (TΔa)

A tolerância do erro angular serve de parâmetro de comparação para se determinar se o levantamento topográfico pode ser aceito ou rejeitado. Na literatura pode-se encontrar uma infinidade de regras para se determinar a tolerância de um trabalho topográfico, no entanto, a ABNT-NBR 13.133 estabelece uma referência para avaliar um levantamento, para aplicações gerais, utilizando-se a seguinte relação:

$$T\Delta a = b \cdot \sqrt{n}$$

Onde,

b = depende das diferentes classes de poligonais (Classe I = 6″; Classe II = 15″; Classe III = 20″; Classe IV = 40″; Classe V = 180″);

n = número de vértices da poligonal

Continuando os cálculos do nosso exemplo teremos:

$$T\Delta a = 180'' \cdot \sqrt{6} = 441''$$

Neste caso, o erro do exemplo acima está dentro da tolerância para Classe V. Diante disso, o erro cometido no levantamento foi menor do que a tolerância estipulada (167″ < 441″), indicando que o erro pode ser distribuído e não há necessidade de se voltar a campo para fazer um novo levantamento.

Correção do erro angular (CΔa)

A correção do erro angular deve ser feita levando-se em consideração cada distância, ou seja, deverá está diretamente relacionada com as distâncias lineares de cada vértice. Portanto, para não haver distorções da figura medida originalmente e para manter a mesma condição geométrica, deve-se fazer a correção inversamente proporcional às distâncias. Sendo assim, em distâncias maiores, a correção do ângulo vai ser menor, e em distâncias menores, corrige-se mais o ângulo.

Para se fazer esta correção, utiliza-se a seguinte fórmula:

$$C\Delta a = \frac{\Delta a}{\sum \frac{1}{DH}}$$

Onde,

CΔa = constante multiplicativa de correção

Δa = erro angular cometido

$\sum \frac{1}{DH}$ = somatória dos inversos das distâncias horizontais

No exemplo tem-se:

$\Delta a = 167''$

$$\sum \frac{1}{DH} = \frac{1}{28,575} + \frac{1}{46,990} + \frac{1}{26,330} + \frac{1}{27,290} + \frac{1}{12,280} + \frac{1}{14,690} = 0,280406443$$

$$C\Delta a = \frac{167}{0,280406443} = 595,5641$$

Lado 1-2 (28,575 m)= 595,5641 x 1/28,575 = 20,8″ ≅ 21″
Lado 2-3 (46,99 m)= 595,5641x 1/46,99 = 12,7″ ≅ 13″
Lado 3-4 (26,33 m)= 595,5641x 1/26,33 = 22,6″ ≅ 23″
Lado 4-5 (27,29 m)= 595,5641x 1/27,29 = 21,8″ ≅ 22″
Lado 5-6(12,28 m)= 595,5641x 1/12,28 = 48,5″ ≅ 48″
Lado 6-1(14,69 m)= 595,5641x 1/14,69 = 40,5″ ≅ 40″

∑ 167″

Como o erro de fechamento angular foi para mais (positivo), as correções devem ser feitas com a subtração desses valores aos ângulos externos correspondentes a cada alinhamento. Para isso deve-se fazer uma nova tabela para essas correções, como o modelo abaixo:

E	PV	ÂH	Correção	ÂH corrigido
E1	E2	248º 24′ 50″	- 21″	248º 24′ 29″
E2	E3	288º 13′ 40″	- 13″	288º 13′ 27″
E3	E4	263º 06′ 55″	- 23″	263º 06′ 32″
E4	E5	246º 34′ 45″	- 22″	246º 34′ 23″
E5	E6	286º 27′ 42″	- 48	286º 26′ 54″
E6	E1	107º 14′ 55″	- 40	107º 14′ 15″
TOTAIS		1440º 02′ 55″	167″	1440º 00′ 00″

Cálculo dos azimutes

Para se calcular os azimutes dos respectivos alinhamentos, deve-se inicialmente fazer a orientação do primeiro alinhamento em campo, obtendo-se assim o primeiro azimute. A partir deste primeiro azimute, os demais serão calculados pela expressão:

Az = (azimute anterior + ângulo horizontal externo) ± 180º ou 540º

Sendo:

+ 180º, se a soma entre azimute anterior + ângulo horizontal externo for inferior a 180º;

- 180º, se a soma entre azimute anterior + ângulo horizontal externo for superior a 180º e inferior a 540º;

- 540º, se soma entre azimute anterior + ângulo horizontal externo for superior a 540º.

Continuando-se os cálculos do exemplo, tem-se:

Primeiro azimute lido = 266º 50′ 23″

$Az_{(E1\text{-}E2)}$ = (266º 50′ 23″ + 248º 24′ 29″) - 180º = 335º 14′ 52″

$Az_{(E2\text{-}E3)}$ = (335º 14′ 52″ + 288º 13′ 27″) - 540º = 83º 28′ 19″

$Az_{(E3-E4)} = (83^o\ 28'\ 19'' + 263^o\ 06'\ 32'') - 180^o = 166\ 34'\ 51''$
$Az_{(E4-E5)} = (166\ 34'\ 51'' + 246^o\ 34'\ 23'') - 180^o = 233^o\ 09'\ 14''$
$Az_{(E5-E6)} = (233^o\ 09'\ 14'' + 286^o\ 26'\ 54'') - 180^o = 339^o\ 36'\ 08''$
$Az_{(E6-E1)} = (339^o\ 36'\ 08'' + 107^o\ 14'\ 15'') - 180^o = 266^o\ 50'23''$

A tabela dos azimutes calculados fica então:

E	PV	AZIMUTE	ÂH	DH
E1	RÉ	266º 50′ 23″	-	-
E1	E2	335º 14′ 52″	248º 24′ 29″	28,575
E2	E3	83º 28′ 19″	288º 13′ 27″	46,990
E3	E4	166º 34′ 51″	263º 06′ 32″	26,330
E4	E5	233º 09′ 14″	246º 34′ 23″	27,290
E5	E6	339º 36′ 08″	286º 26′ 54″	12,280
E6	E1	266º 50′ 23″	107º 14′ 15″	14,690

Cálculo das coordenadas relativas ou parciais (X,Y)

O desenho da planta de uma determinada área depende da determinação das coordenadas relativas de cada vértice, assim como a determinação do erro linear de fechamento e a determinação da área do terreno por métodos analíticos. Essas coordenadas irão representar as latitudes (eixo das ordenadas Y) e longitudes (eixo das abscissas X) dos pontos levantados no campo. Por sua vez, o eixo das ordenadas, ou eixo Y, representará o norte magnético ou verdadeiro, considerando-se que o levantamento está orientado por um desses.

A transformação das coordenadas polares (Azimutes e distâncias) em coordenadas parciais é dada pela seguinte expressão:

X = Distância . seno Azimute

Y = Distância . cosseno Azimute

No exemplo tem-se:

$X_{(E1-E2)}$ = 28,575 . sen 335º 14′ 52″ = - 11,9642

$Y_{(E1-E2)}$ = 28,575 . cos 335º 14′ 52″ = 25,9497

$X_{(E2-E3)}$ = 46,990 . sen 83º 28′ 19″ = 46,6853

$Y_{(E2-E3)}$ = 46,990 . cos 83º 28′ 19″ = 5,3423

$X_{(E3-E4)}$ = 26,330 . sen 166º 34′ 51″ = 6,1105

$Y_{(E3-E4)}$ = 26,330 . cos 166º 34′ 51″ = - 25,6111

$X_{(E4-E5)}$ = 27,290 . sen 233º 09′ 14″ = - 21,8388

$Y_{(E4-E5)}$ = 27,290 .cos 233º 09′ 14″ = - 16,3649

$X_{(E5-E6)}$ = 12,280 . sen 339º 36′ 08″ = -4,2800

$Y_{(E5-E6)}$ = 12,280 .cos 339º 36′ 08″ = 11,5099

$X_{(E6-E1)}$ = 14,690 . sen 266º 50′ 23″ = - 14,6677

$Y_{(E6-E1)}$ = 14,690 .cos 266º 50′ 23″ = - 0,8098

A tabela das coordenadas parciais fica assim:

E	PV	AZIMUTE	DH	Coordenadas parciais	
				X	Y
E1	E2	335º 14′ 52″	28,575	- 11,9642	25,9497
E2	E3	83º 28′ 19″	46,990	46,6853	5,3423
E3	E4	166º 34′ 51″	26,330	6,1105	- 25,6111
E4	E5	233º 09′ 14″	27,290	- 21,8388	- 16,3649
E5	E6	339º 36′ 08″	12,280	- 4,2800	11,5099
E6	E1	266º 50′ 23″	14,690	- 14,6677	- 0,8098

Determinação do erro linear de fechamento

Para que um levantamento topográfico de uma poligonal fechada seja feito com isenção total de erros, o ponto inicial de partida deverá ser igual ao ponto de chegada. Em outras palavras, a somatória das projeções de X e Y devem ser nulas, segundo o teorema de Carnot. No entanto, na prática isso dificilmente ocorre devido aos erros cometidos durante o levantamento, sejam eles, acidentais ou por algum fator da natureza.

O cálculo do erro linear é determinado pelas seguintes expressões:

$$E = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$$

Onde:

$\Delta x = |\sum L\ (x+)| - |\sum O\ (x-)|$ = erro em X ou diferença de longitude

$\Delta x = |\sum N\ (y+)| - |\sum S\ (y-)|$ = erro em Y ou diferença de latitude

Continuando o cálculo do exemplo tem-se:

$\sum L\ (x+) = 46{,}6853 + 6{,}1105 = 52{,}7958$

$\sum O\ (x-) = 11{,}9642 + 21{,}8388 + 4{,}2800 + 14{,}6677 = 52{,}7507$

$\Delta x = 52{,}7958 - 52{,}7507 = 0{,}0451$ m

$\sum N\ (y+) = 25{,}9497 + 5{,}3423 + 11{,}5099 = 42{,}8019$

$\sum S\ (y-) = 25{,}6111 + 16{,}3649 + 0{,}8098 = 42{,}7858$

$$E = \sqrt{0{,}0451^2 + 0{,}0161^2}$$

E = 0,045 m

Após verificar-se que existe um erro de fechamento, deve-se analisar se o mesmo é tolerável. Para essa determinação de tolerância, a ABNT (1994) define pela seguinte expressão:

$$T = d \cdot \sqrt{L}$$

Onde:

d = é um coeficiente que expressa a tolerância do erro linear, em m/km e depende da classe da poligonal (I = 0,10; II = 0,30; III = 0,42; IV = 0,56; V = 2,20).

L = é o perímetro da área, em km.

Lembrando-se que, se o erro não for tolerável, o topógrafo deve voltar ao campo para realizar um novo levantamento.

Seguindo-se o exemplo tem-se:

$$T = 0{,}56 \cdot \sqrt{0{,}1562} = 0{,}221 \text{ m}$$

O erro cometido (0,045 m) é menor que a tolerância (0,221 m), ou seja, está dentro da tolerância.

Correção do erro linear de fechamento

A correção do erro linear de fechamento será efetuada proporcionalmente às distâncias dos alinhamentos, relacionando-se os valores de X e Y com o perímetro da área. Dessa forma, o cálculo do exemplo que está sendo seguido fica da seguinte forma:

$Cx = (\Delta x \cdot DH) \div P$

$Cy = (\Delta y \ . \ DH) \div P$

Onde:

Cx, Cy = correção da projeção nos eixos X e Y;

Δx, Δy = somatório das projeções dos eixos X e Y;

DH = distância horizontal dos alinhamentos;

P = perímetro da área.

$$Cx_{(E1\text{-}E2)} = (0{,}0451 \ . \ 28{,}575) \div 156{,}155 = 0{,}0083$$
$$Cx_{(E2\text{-}E3)} = (0{,}0451 \ . \ 46{,}99) \div 156{,}155 = 0{,}0136$$
$$Cx_{(E3\text{-}E4)} = (0{,}0451 \ . \ 26{,}33) \div 156{,}155 = 0{,}0076$$
$$Cx_{(E4\text{-}E5)} = (0{,}0451 \ . \ 27{,}29) \div 156{,}155 = 0{,}0079$$
$$Cx_{(E5\text{-}E6)} = (0{,}0451 \ . \ 12{,}28) \div 156{,}155 = 0{,}0035$$
$$Cx_{(E6\text{-}E1)} = (0{,}0451 \ . \ 14{,}69) \div 156{,}155 = 0{,}0042$$
$$\sum 0{,}0451$$

$$Cy_{(E1\text{-}E2)} = (0{,}0161 \ . \ 28{,}575) \div 156{,}155 = 0{,}00295$$
$$Cy_{(E2\text{-}E3)} = (0{,}0161 \ . \ 46{,}99) \div 156{,}155 = 0{,}00485$$
$$Cy_{(E3\text{-}E4)} = (0{,}0161 \ . \ 26{,}33) \div 156{,}155 = 0{,}00271$$
$$Cy_{(E4\text{-}E5)} = (0{,}0161 \ . \ 27{,}29) \div 156{,}155 = 0{,}00281$$
$$Cy_{(E5\text{-}E6)} = (0{,}0161 \ . \ 12{,}28) \div 156{,}155 = 0{,}00127$$
$$Cy_{(E6\text{-}E1)} = (0{,}0161 \ . \ 14{,}69) \div 156{,}155 = 0{,}00151$$
$$\sum 0{,}0161$$

O próximo passo será fazer as correções das projeções, onde a mesma é calculada adicionando-se ou subtraindo-se os erros na projeção calculada. Para isso, deve-se levar em consideração a seguinte regra: a correção da projeção (Cx ou Cy) será somada às respectivas coordenadas parciais quando sua somatória apresenta menor valor. Por outro lado, será subtraída quando sua somatória apresentar maior valor. Deve-se fazer essas operações levando-se em consideração os valores absolutos, ou seja, não levar em consideração os sinais positivos ou negativos das coordenadas parciais.

Como exemplo desta regra, será feito o cálculo da primeira coordenada, pois as demais seguirão o mesmo princípio. Neste exemplo, a somatória dos valores de X_+ (52,7958) foi maior que a somatória dos valores de X_- (52,7507). Sendo assim, quando se tem coordenadas parciais positivas (X_+), será usado a seguinte expressão: $X_{corrigido} = x_{calculado} - Cx$. Caso a coordenada parcial seja negativa, a expressão muda para $X_{corrigido} = x_{calculado} + Cx$. O mesmo se aplica para as coordenadas Y.

Substituindo-se os valores da tabela abaixo, tem-se: $X_{corrigido}$ = 11,9642 + 0,0083 = 11,9725. O mesmo ocorre para as coordenadas Y, pois a somatória dos valores de Y_+ (42,8019) foi superior á somatória de Y_- (42,7858). Então tem-se: $Y_{corrigido} = y_{calculado} - Cy$. Logo, $Y_{corrigido}$ = 25,9497 - 0,00295 = 25,9468.

Desta forma, a nova tabela com os valores de correção das coordenas segue o modelo abaixo:

Coordenadas parciais calculadas		Correção		Coordenadas parciais corrigidas	
X	Y	Cx	Cy	X	Y
- 11,9642	25,9497	(+) 0,0083	(-) 0,00295	-11,9725	25,9467
46,6853	5,3423	(-) 0,0136	(-) 0,00485	46,6717	5,3375
6,1105	- 25,6111	(-) 0,0076	(+) 0,00271	6,1029	-25,6138
- 21,8388	- 16,3649	(+) 0,0079	(+) 0,00281	-21,8467	-16,3677
- 4,2800	11,5099	(+) 0,0035	(-) 0,00127	-4,2835	11,5086
- 14,6677	- 0,8098	(+) 0,0042	(+) 0,00151	-14,6719	-0,8113
$\sum X_+ =$ 52,7958	$\sum Y_+ =$ 42,8019			Δx = 0,0	Δy = 0,0
$\sum X_- =$ 52,7507	$\sum Y_- =$ 42,7858				

Coordenadas totais ou absolutas

As coordenadas totais serão o último passo para se ter os dados de construção da planta topográfica. Para que o desenho da área se situe no primeiro quadrante (NE), escolhe-se o ponto mais a Oeste ou então, atribui-se valores em X e Y na origem, de forma que não se tenham coordenadas negativas. Exemplo: X = 100 e Y = 100.

A tabela de coordenadas totais fica da seguinte forma:

		Coordenadas parciais		Coordenadas totais	
E	PV	X	Y	X	Y
				100	100
E1	E2	-11,9725	25,9467	88,0275	125,9467
E2	E3	46,6717	5,3375	134,6992	131,2842
E3	E4	6,1029	-25,6138	140,8021	105,6704
E4	E5	-21,8467	-16,3677	118,9554	89,3027
E5	E6	-4,2835	11,5086	114,6719	100,8113
E6	E1	-14,6719	-0,8113	100	100

$$X_{(E1-E2)} = 100 - 11{,}9725 = 88{,}0275$$
$$Y_{(E1-E2)} = 100 + 25{,}9467 = 125{,}9467$$

$$X_{(E2-E3)} = 88{,}0275 + 46{,}6717 = 134{,}6992$$
$$Y_{(E2-E3)} = 125{,}9467 + 5{,}3375 = 131{,}2842$$

$$X_{(E3-E4)} = 134{,}6992 + 6{,}1029 = 140{,}8021$$
$$Y_{(E3-E4)} = 131{,}2842 - 25{,}6138 = 105{,}6704$$

$$X_{(E4-E5)} = 140{,}8021 - 21{,}8467 = 118{,}9554$$
$$Y_{(E4-E5)} = 105{,}6704 - 16{,}3677 = 89{,}3027$$

$X_{(E5-E6)} = 118{,}9554 - 4{,}2835 = 114{,}6719$
$Y_{(E5-E6)} = 89{,}3027 + 11{,}5086 = 100{,}8113$

$X_{(E6-E1)} = 114{,}6719 - 14{,}6719 = 100$
$Y_{(E6-E1)} = 100{,}8113 - 0{,}8113 = 100$

Caminhamento por ângulos internos

Neste método de caminhamento o procedimento é realizado devendo-se caminhar nos vértices da poligonal, no sentido anti-horário (Figura 33).

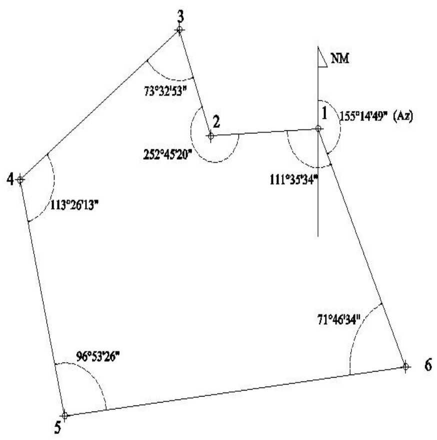


Figura 33. Levantamento por ângulos internos

Para isso, instala-se o aparelho no ponto de partida escolhido e visa-se a baliza de ré, com o ângulo horizontal zerado neste ponto. Neste momento, também se determina o azimute do primeiro alinhamento. Em seguida, visa-se a baliza do próximo ponto (vante) e faz-se a leitura do ângulo interno formado entre estes dois pontos. Continuando-se o levantamento, transfere-se o aparelho para o próximo vértice e repete-se o procedimento até o último ponto. Os cálculos de correção de erro angular e linear seguem a mesma sequencia apresentada no item anterior.

Caminhamento por ângulos de deflexão

Neste procedimento, o topógrafo faz a leitura do ângulo horizontal formado pelo prolongamento do alinhamento anterior e pelo próximo alinhamento a ser determinado (Figura 32).

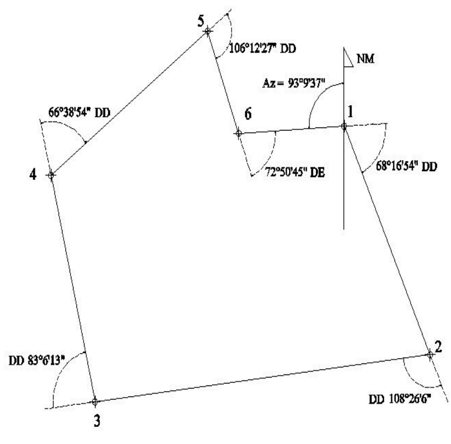


Figura 32. Levantamento por ângulos de deflexão

Para sua determinação, visa-se a baliza de ré com a luneta do aparelho e imputa-se no mesmo, o ângulo de 180º. Em seguida, volta-se a luneta em direção à baliza colocada no ponto de vante, fazendo a leitura do ângulo de deflexão e anotando-se o mesmo na caderneta de campo. Neste momento, aproveita-se também para se determinar o azimute do primeiro alinhamento. Vale ressaltar que a deflexão pode ser para direita (DD) ou para esquerda (DE) do prolongamento do alinhamento e variam de 0 a 180º.

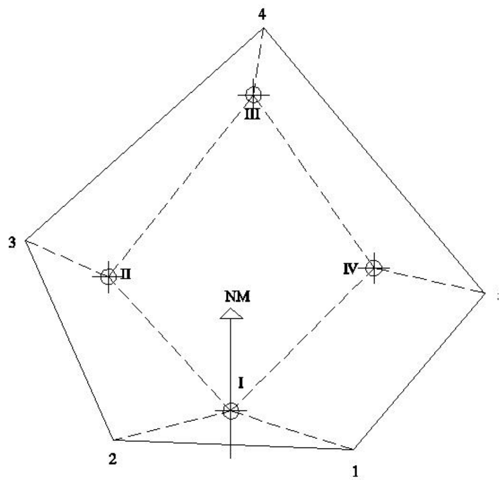
Levantamento por caminhamento e irradiação (amarração de detalhes)

Em um levantamento topográfico, nem sempre conseguimos caminhar e instalar os aparelhos de medição (teodolito, estação total, nível óptico, etc.) sobre os pontos limites do terreno, como no caso de áreas cercadas ou muradas. Nestes casos específicos, temos que nos munir de outros métodos de levantamento que consistem na junção de mais de um método de levantamento, a exemplo do caminhamento auxiliado pelo processo de irradiação dos limites e detalhes internos do terreno. Para exemplificar melhor, vamos observar um levantamento feito em campo, cujos dados estão na tabela abaixo.

Estação ocupada	Ponto visado	Ângulo horizontal	Azimute	Distância horizontal	Observações
I	NM	0º 00′ 00″	-	-	Orientação norte
I	IV	0º 00′ 00″	45º 07′ 47,2″	-	Ré
I	II	272º 24′ 00″	317º 32′ 0,8″	350,0	Estação
I	1	62º 21′ 39,3″		248,52	Limite da cerca
I	2	210º 58′ 11,8″		233,91	Limite da cerca
II	I	0º 00′ 00″	-	-	Ré
II	III	261º 07′ 10″		448,32	Estação
II	3	155º 54′ 38,6″		174,78	Limite da cerca
III	II	00º 00′ 00″	-	-	Ré
III	IV	286º 29′ 10″		406,41	Estação

Estação ocupada	Ponto visado	Ângulo horizontal	Azimute	Distância horizontal	Observações
III	4	149º 42′ 6,9″		130,98	Limite da cerca
IV	III	00º 00′ 00″	-		Ré
IV	I	259º 58′ 40″		389,41	Estação
IV	5	137º 28′ 31,7″		219,42	Limite da cerca

Croqui do levantamento (sem escala):



Primeiramente, deve-se proceder aos cálculos da poligonal base de caminhamento (I - IV), analisando-se e corrigindo-se os erros angular e linear, até se conhecer suas coordenadas totais (X, Y). Esse procedimento de correção dos erros segue o mesmo princípio já explicado no item anterior (5.4.1). Em seguida, numa planilha separada, são dispostos os pontos das estações (I - IV) e suas respectivas irradiações, para determinação de seus azimutes e coordenadas totais. Por último, será determinada a área total dos pontos de extremidade do terreno.

Cálculo da poligonal de base

Os cálculos de correção dos erros angular e linear seguirão os mesmos procedimentos já vistos no item 5.4.1.

Determinação do fechamento angular (Fa)

$Fa = 180^o \,.\, (n + 2)$

$Fa = 180^o \,.\, (4 + 2) = 1080^o\ 00'\ 00''$

Determinação do erro angular cometido (Δa)

$\Delta a = \sum \alpha e - Fa$

Onde: $\sum \alpha e$ = somatório dos ângulos externos

No exemplo tem-se:

$\sum \alpha e = 272^o\ 24'\ 00'' + 261^o\ 07'\ 10'' + 286^o\ 29'\ 10'' + 259^o\ 58'\ 40'' = 1079^o\ 59'\ 40''$

$\Delta a = 1079^o\ 59'\ 00'' - 1080^o\ 00'\ 00''$

$\Delta a = -\ 00^o\ 01'\ 00'' = -\ 60''$

Tolerância do erro angular ($T\Delta a$)

$$T\Delta a = b \,.\, \sqrt{n}$$

$$T\Delta a = 180'' \,.\, \sqrt{4} = 360''$$

No exemplo acima, o erro está dentro da tolerância para Classe V (60″ < 360″), indicando que o erro pode ser distribuído.

Correção do erro angular (CΔa)

$$C\Delta a = \frac{\Delta a}{\sum \frac{1}{DH}}$$

Onde,

CΔa = constante multiplicativa de correção

Δa = erro angular cometido

$\sum \dfrac{1}{DH}$ = somatória dos inversos das distâncias horizontais

No exemplo tem-se:

Δa = 60″

$$\sum \frac{1}{DH} = \frac{1}{350{,}00} + \frac{1}{448{,}32} + \frac{1}{406{,}41} + \frac{1}{389{,}41} = 0{,}010118955$$

$$C\Delta a = \frac{60}{0{,}010118955} = 5929{,}466037$$

Lado I-II = 5929,466037 x 1/350,00 = 16,95″

Lado II-III = 5929,466037 x 1/448,32 = 13,23″

Lado III-IV = 5929,466037 x 1/406,41 = 14,59″

Lado IV-I = 5929,466037 x 1/389,41 = <u>15,23″</u>

∑ 60″

O erro de fechamento angular foi negativo (Δa = - 60″), portanto, deve-se fazer as correções somando-se os valores acima aos ângulos externos de cada alinhamento, como no modelo abaixo:

E	PV	ÂH	Correção	ÂH corrigido
I	II	272º 24′ 00″	+ 16,95″	272º 24′ 16,95″
II	III	261º 07′ 10″	+ 13,23″	261º 07′ 23,23″
III	IV	286º 29′ 10″	+ 14,59″	286º 29′ 24,59″
IV	I	259º 58′ 40″	+ 15,23″	259º 58′ 55,23″
TOTAIS		1079º 59′ 00″	- 60″	1080º 00′ 00″

Cálculo dos azimutes

Dando sequencia aos cálculos do exemplo, tem-se:

Az = (azimute anterior + ângulo horizontal externo) ± 180º ou 540º

Primeiro azimute lido (I a II) = 317º32′0,8″

$Az_{(II\text{-}III)} = (317^{o}\ 32'\ 0{,}8'' + 261^{o}\ 07'\ 23{,}23'') - 180^{o} = 38^{o}\ 39'\ 24{,}03''$

$Az_{(III\text{-}IV)} = (38^{o}\ 39'\ 24{,}03'' + 286^{o}\ 29'\ 24{,}59'') - 180^{o} = 145^{o}\ 08'\ 48{,}62''$

$Az_{(IV\text{-}I)} = (145^{o}\ 08'\ 48{,}62'' + 259^{o}\ 58'\ 55{,}23'') - 180^{o} = 225^{o}\ 07'\ 43{,}85''$

A tabela dos azimutes calculados ficará desta forma:

E	PV	AZIMUTE	$ÂH_{corrigido}$	DH
I	II	317º 32′ 0,8″	272º 24′ 16,95″	350,00
II	III	38º 39′ 24,03″	261º 07′ 23,23″	448,32
III	IV	145º 08′ 48,62″	286º 29′ 24,59″	406,41
IV	I	225º 07′ 43,85″	259º 58′ 55,23″	389,41

Cálculo das coordenadas relativas ou parciais (X,Y)

$$X = \text{Distância} \cdot \text{seno Azimute}$$
$$Y = \text{Distância} \cdot \text{cosseno Azimute}$$

Calculando-se as coordenadas do exemplo:

$X_{(I-II)} = 350{,}00 \cdot \text{sen } 317^o\ 32'\ 0{,}8'' = -236{,}3054$

$Y_{(I-II)} = 350{,}00 \cdot \cos 317^o\ 32'\ 0{,}8'' = 258{,}1855$

$X_{(II-III)} = 448{,}32 \cdot \text{sen } 38^o\ 39'\ 24{,}03'' = 280{,}0441$

$Y_{(II-III)} = 448{,}32 \cdot \cos 38^o\ 39'\ 24{,}03'' = 350{,}0944$

$X_{(III-IV)} = 406{,}41 \cdot \text{sen } 145^o\ 08'\ 48{,}62'' = 232{,}2532$

$Y_{(III-IV)} = 406{,}41 \cdot \cos 145^o\ 08'\ 48{,}62'' = -333{,}5079$

$X_{(IV-I)} = 389{,}41 \cdot \text{sen } 225^o\ 07'\ 43{,}85'' = -275{,}9729$

$Y_{(IV-I)} = 389{,}41 \cdot \cos 225^o\ 07'\ 43{,}85'' = -274{,}7345$

A tabela das coordenadas parciais fica assim:

E	PV	AZIMUTE	DH	Coordenadas parciais	
				X	Y
I	II	317º 32′ 0,8″	350,00	- 236,3054	258,1855
II	III	38º 39′ 24,03″	448,32	280,0441	350,0944
III	IV	145º 08′ 48,62″	406,41	232,2532	- 333,5079
IV	I	225º 07′ 43,85″	389,41	- 275,9729	- 274,7345

Determinação do erro linear de fechamento

O cálculo do erro linear é determinado pelas seguintes expressões:

$$E = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$$

Onde:

$\Delta x = |\sum L\ (x+)| - |\sum O\ (x-)|$ = erro em X ou diferença de longitude

$\Delta y = |\sum N\ (y+)| - |\sum S\ (y-)|$ = erro em Y ou diferença de latitude

Continuando o cálculo do exemplo tem-se:

$\sum L\ (x+) = 280{,}0441 + 232{,}2532 = 512{,}2973$

$\sum O\ (x-) = 236{,}3054 + 275{,}9729 = 512{,}2783$

$\Delta x = 512{,}2973 - 512{,}2783 = 0{,}019$ m

$\sum N\ (y+) = 258{,}1855 + 350{,}0944 = 608{,}2799$

$\sum S\ (y-) = 333{,}5079 + 274{,}7345 = 608{,}2424$

$\Delta y = 608{,}2799 - 608{,}2424 = 0{,}0375$ m

$$E = \sqrt{0{,}019^2 + 0{,}0375^2}$$

$E = 0{,}042$ m

Agora determina-se a tolerância do erro de fechamento:

$$T = d \cdot \sqrt{L}$$

Seguindo-se o exemplo tem-se:

$$T = 0{,}56 \cdot \sqrt{1{,}59414} = 0{,}71 \text{ m}$$

O erro cometido (0,042 m) está dentro da tolerância (0,71 m).

Neste cálculo será determinado da seguinte forma:

$$Cx = (\Delta x \,.\, DH) \div P$$

$$Cy = (\Delta y \,.\, DH) \div P$$

$Cx_{(I\text{-}II)} = (0{,}019 \,.\, 350{,}00) \div 1.594{,}14 = 0{,}004171$

$Cx_{(II\text{-}III)} = (0{,}019 \,.\, 448{,}32) \div 1.594{,}14 = 0{,}005343$

$Cx_{(III\text{-}IV)} = (0{,}019 \,.\, 406{,}41) \div 1.594{,}14 = 0{,}004844$

$Cx_{(IV\text{-}I)} = (0{,}019 \,.\, 389{,}41) \div 1.594{,}14 = \underline{0{,}004641}$

$\sum 0{,}019$

$Cy_{(I\text{-}II)} = (0{,}0375 \,.\, 350{,}00) \div 1.594{,}14 = 0{,}008233$

$Cy_{(II\text{-}III)} = (0{,}0375 \,.\, 448{,}32) \div 1.594{,}14 = 0{,}01055$

$Cy_{(III\text{-}IV)} = (0{,}0375 \,.\, 406{,}41) \div 1.594{,}14 = 0{,}009560$

$Cy_{(IV\text{-}I)} = (0{,}0375 \,.\, 389{,}41) \div 1.594{,}14 = \underline{0{,}009160}$

$\sum 0{,}0375$

As correções são apresentadas na tabela abaixo:

Coordenadas parciais calculadas		Correção		Coordenadas parciais corrigidas	
X	Y	Cx	Cy	X	Y
- 236,3054	258,1855	(+)0,004171	(-)0,008233	- 236,3096	258,1773
280,0441	350,0944	(-)0,005343	(-)0,01055	280,0388	350,0839
232,2532	- 333,5079	(-)0,004844	(+)0,009560	232,2484	- 333,5175
- 275,9729	- 274,7345	(+)0,004641	(+)0,009160	- 275,9775	- 274,7437
$\sum X_+ =$ 512,2973	$\sum Y_+ =$ 608,2799			512,287	608,261
				-512,287	-608,261
$\sum X_- =$ 512,2783	$\sum Y_- =$ 608,2424			$\Delta x = 0{,}0$	$\Delta y = 0{,}0$

A tabela das coordenadas totais da poligonal fica da seguinte forma:

		Coordenadas parciais		Coordenadas totais	
E	PV	X	Y	X	Y
I	II	- 236,3096	258,1773	1.000,00	2.000,00
II	III	280,0388	350,0839	763,6904	2.258,1773
III	IV	232,2484	- 333,5175	1043,7292	2.608,2612
IV	I	- 275,9775	- 274,7437	1.275,9776	2.274,7437

Cálculo da poligonal das irradiações

Após realizado o cálculo das coordenadas totais da poligonal de base e suas respectivas correções, deve-se proceder aos cálculos da poligonal das irradiações. Para isso, temos que fazer uma segunda planilha com os pontos das estações e suas respectivas irradiações, como seguem abaixo.

E	PV	ÂH	AZIMUTE	DH
IV	I	00º 00′ 00″	225º 07′ 43,85″	-
I	1	62º 21′ 39,3″	107º 29′ 23,1″	248,52
I	2	210º 58′ 11,8″	256º 05′ 55,65″	233,91
II	3	155º 54′ 38,6″	293º 26′ 39,4″	174,78
III	4	149º 42′ 6,9″	08º 21′ 30,93″	130,98
IV	5	137º 28′ 31,7″	102º 37′ 20,3″	219,42

Cálculo dos azimutes dos pontos irradiados

Az = (azimute anterior + ângulo horizontal externo) ± 180º ou 540º

Azimute anterior (IV a I) = 225º 07′ 43,85″

$Az_{(I-1)}$ = (225º 07′ 43,85″ + 62º 21′ 39,3″) - 180º = 107º 29′ 23,1″

$Az_{(I-2)}$ = (225º 07′ 43,85″ + 210º 58′ 11,8″) - 180º = 256º 05′ 55,65″

$Az_{(II-3)}$ = (317º 32′ 0,8″ + 155º 54′ 38,6″) - 180º = 293º 26′ 39,4″

$Az_{(III-4)}$ = (38º 39′ 24,03″ + 149º 42′ 6,9″) - 180º = 08º 21′ 30,93″

$Az_{(IV-5)}$ = (145º 08′ 48,62″ + 137º 28′ 31,7″) - 180º = 102º 37′ 20,3″

Cálculo das coordenadas parciais das irradiações (X,Y)

X = Distância . seno Azimute

Y = Distância . cosseno Azimute

$X_{(I-1)}$ = 248,52 . sen 107º 29′ 23,1″ = 237,0311

$Y_{(I-1)}$ = 248,52 . cos 107º 29′ 23,1″ = - 74,6890

$X_{(I-2)}$ = 233,91 . sen 256º 05′ 55,65″ = - 227,0591

$Y_{(I-2)}$ = 233,91 . cos 256º 05′ 55,65″ = - 56,1965

$X_{(II-3)}$ = 174,78 . sen 293º 26′ 39,4″ = - 160,3515

$Y_{(II-3)}$ = 174,78 . cos 293º 26′ 39,4″ = 69,5374

$X_{(III-4)}$ = 130,98 . sen 08º 21′ 30,93″ = 19,0403

$Y_{(III-4)}$ = 130,98 . cos 08º 21′ 30,93″ = 129,5887

$X_{(IV-5)}$ = 219,42 . sen 102º 37′ 20,3″ = 214,1170

$Y_{(IV-5)}$ = 219,42 .cos 102º 37′ 20,3″ = - 47,9484

A tabela das coordenadas parciais fica assim:

E	PV	AZIMUTE	DH	Coordenadas parciais	
				X	Y
I	1	107º 29′ 23,1″	248,52	237,0311	- 74,6890
I	2	256º 05′ 55,65″	233,91	- 227,0591	- 56,1965
II	3	293º 26′ 39,4″	174,78	- 160,3515	69,5374
III	4	08º 21′ 30,93″	130,98	19,0403	129,5887
IV	5	102º 37′ 20,3″	219,42	214,1170	- 47,9484

Cálculo das coordenadas totais das irradiações (X,Y)

Após a determinação das coordenadas parciais dos pontos de irradiação, deve-se proceder ao cálculo das coordenadas totais destas irradiações, a qual é determinada através da soma algébrica entre os valores das coordenadas totais dos pontos de estação e das coordenadas parciais dos pontos irradiados, como mostra as seguintes fórmulas:

$X_{\text{total do ponto irradiado}}$ = X total da estação + x parcial do ponto irradiado

$Y_{\text{total do ponto irradiado}}$ = Y total da estação + y parcial do ponto irradiado

		Coordenadas parciais		Coordenadas totais	
E	PV	X	Y	X	Y
I	II	- 236,3096	258,1773	1.000,00	2.000,00
II	III	280,0388	350,0839	763,6904	2.258,1773
III	IV	232,2484	- 333,5175	1043,7292	2.608,2612
IV	I	- 275,9775	- 274,7437	1.275,9776	2.274,7437

Seguindo o exemplo tem-se:

X (I-1) = 1.000,00 + 237,0311 = 1.237,0311

Y (I-1) = 2.000,00 + (- 74,6890) = 1.925,3110

X (I-2) = 1.000,00 + (- 227,0591) = 772,9409

Y (I-2) = 2.000,00 + (- 56,1965) = 1.943,8035

X (II-3) = 763,6904 + (- 160,3515) = 603,3389

Y (II-3) = 2.258,1773 + 69,5374 = 2.327,7147

X (III-4) = 1.043,7292 + 19,0403 = 1.062,7695

Y (III-4) = 2.608,2612 + 129,5887 = 2.737,8499

X (IV-5) = 1.275,9776 + 214,1170 = 1.490,0946

Y (IV-5) = 2.274,7437 + (- 47,9484) = 2.226,7953

De posse destes dados, pode-se descrever a tabela com todas as coordenadas totais do levantamento, e com isso, determinar a área do terreno. Deve-se ater para o detalhe de que, para determinar esta área, serão utilizadas apenas as coordenadas totais dos pontos de irradiação, pois os mesmos representam os limites da propriedade.

E	PV	Azimute	DH	Coordenadas totais	
				X	Y
I	II	317º 32′ 0,8″	350,0	1.000,00	2.000,00
I	1	107º 29′ 23,1″	248,52	1.237,0311	1.925,3110
I	2	256º 05′ 55,65″	233,91	772,9409	1.943,8035
II	III	38º 39′ 24,03″	448,32	763,6904	2.258,1773
II	3	293º 26′ 39,4″	174,78	603,3389	2.327,7147
III	IV	145º 08′ 48,62″	406,41	1043,7292	2.608,2612
III	4	08º 21′ 30,93″	130,98	1.062,7695	2.737,8499
IV	I	225º 07′ 43,85″	389,41	1.275,9776	2.274,7437
IV	5	102º 37′ 20,3″	219,42	1.490,0946	2.226,7953

CAPÍTULO 6

DESENHO AUXILIADO POR COMPUTADOR

Os programas computacionais desenvolvedores de desenho (CAD) tornaram-se ferramentas importantes e imprescindíveis nos tempos atuais, pois conferem precisão e organização aos projetos das mais variadas áreas do conhecimento. Na topografia não poderia ser diferente, uma vez que essas ferramentas computacionais permitem ao topógrafo determinar áreas, distâncias e ângulos, assim como e avaliar a precisão dos dados obtidos em campo.

No mercado existem vários sistemas CAD (*Computer Aided Design*) disponíveis, no entanto, neste livro iremos descrever o DraftSight, já que o mesmo está disponível de forma gratuita e o aluno pode utilizá-lo para treinamento. Por outro lado, também existem programas topográficos com seu próprio CAD inserido. Estes programas, além de fazer os cálculos estadimétricos e as correções de erros, também apresentam a planta do levantamento topográfico. Posteriormente, para explanação e treinamento, pode-se utilizar o Datageosis, versão DEMO, a qual também encontra-se disponível de forma gratuita.

Configurando o DraftSight para topografia

Antes de fazer algum trabalho topográfico no DraftSight, é preciso realizar algumas configurações para que este seja bem executado e siga algumas convenções topográficas. Logo abaixo pode-se ver a página principal desta ferramenta CAD, onde são apresentadas a barra de menus e de status, área de gráficos e barra de ferramentas (Figura 33).

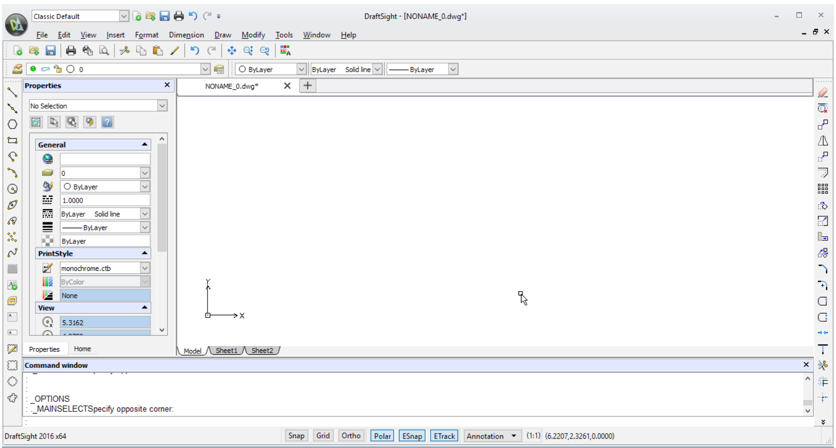


Figura 33. Interface do usuário no programa DraftSight.

Configurando os pontos

Em todos os programas CAD existem várias opções de estilos de pontos. A escolha de um determinado estilo deve-se ao tipo de trabalho a ser desenvolvido nesta ferramenta. Neste caso, para realizar essas alterações basta acessar a sequencia do menu: Format > Point style. Em seguida abrirá uma janela (Figura 34) onde pode-se escolher o formato do ponto, assim como seu tamanho. O estilo de ponto escolhido abaixo é utilizado usualmente em trabalhos topográficos. Com relação ao tamanho do ponto (Size), escolher sempre em unidades absolutas (Absolute units), pois desta forma o mesmo será em metros.

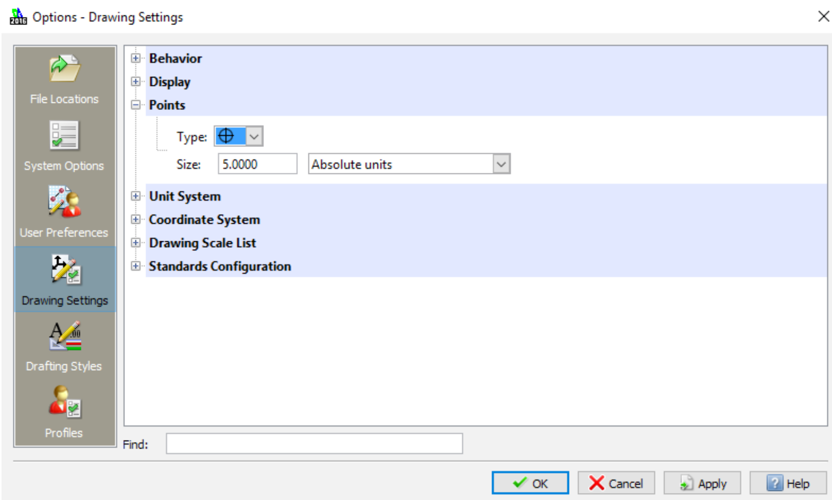


Figura 34. Janela para configuração do tipo de ponto.

Configurando as unidades

As unidades são configuradas no menu Format > Unit System, na barra de comandos (Figura 35). Em nosso país o sistema de medida adotado é o métrico, portanto, escolher fazer as medidas em metro (Meters). O ângulo base (Base angle) deve ser selecionado para a direção norte, ou seja, para cima da página. Não se deve esquecer a seleção da opção sentido horário (Clockwise), pois desta forma a entrada dos ângulos horizontais seguirá sempre o sentido horário. A escala de unidades (Units scale) deve ser em metros, com comprimento (Length) decimal e precisão

(Precision) de quatro casas decimais. Por último, será escolhido o tipo (Type) de ângulo e sua precisão (Precision). Para trabalhos topográficos devemos escolher a opção de ângulos com graus, minutos e segundos (Deg/Min/Sec). Ao final de todas as alterações acima, deve-se confirmar com o comando OK.

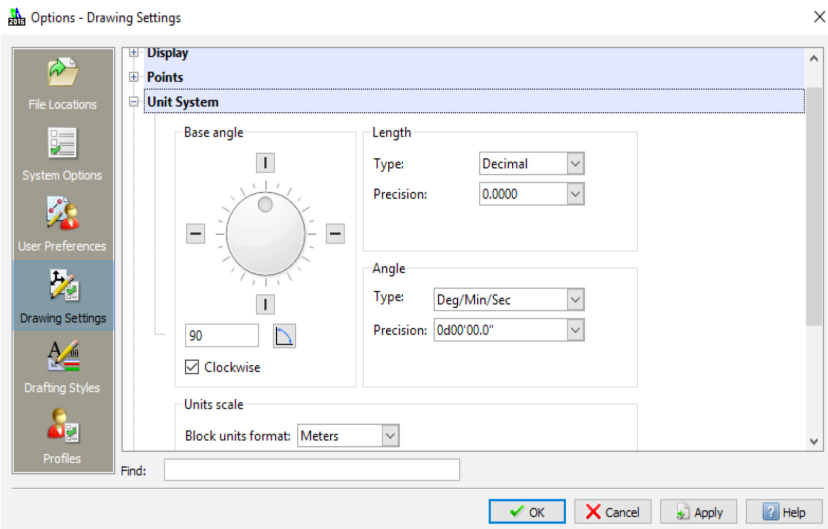


Figura 35. Janela para configuração das unidades do desenho.

Configurando textos

Os textos fazem parte do desenho para identificar os elementos e também devem ser formatados para uma melhor apresentação do projeto. Para isso, utiliza-se o comando Format > Text style, escolhendo em seguida o tipo de fonte, assim como seu formato e tamanho (Figura 36).

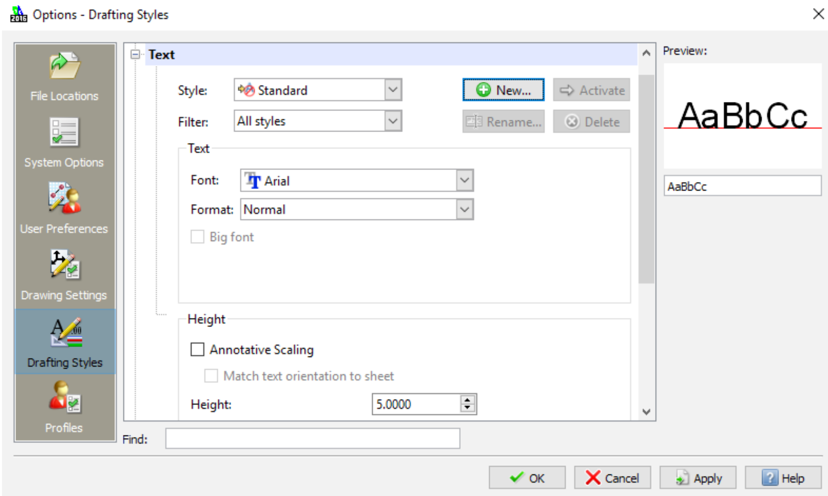


Figura 36. Janela para configuração dos textos do desenho.

Salvando as configurações

Para que não haja a necessidade de se realizar todas essas configurações a cada novo trabalho, pode-se criar um arquivo padrão (Template) no qual as configurações são mantidas. Para isso basta acionar o menu File > Save as, selecionar Drawing Template (*.dwt), digitar o nome do arquivo (ex: TOPOGRAFIA.dwt) e salvar (Save). Dessa forma, toda vez que for criar um novo projeto, abri-se este arquivo, e o salva novamente como outro nome, mas com extensão dwg, que é o tipo de arquivo usado para abrir o projeto na maioria dos programas CAD.

Iniciando e salvando um novo desenho

Para começar um novo desenho recorre-se á sequencia de comando File > New, que abrirá uma nova janela (Figura 37). Nesta janela seleciona-se o arquivo TOPOGRAFIA.dwt e clica em abrir (Open), pois no mesmo já foram feitas as configurações dos pontos, unidades e textos, explicados no item 6.1.4. Após abrir este Template, deve-se salvá-lo em outra extensão que permita abrir o arquivo em outros programas de plataforma CAD. O DraftSight possui duas extensões que podem ser abertas em outros aplicativos CAD. São elas:

DWG – formato nativo do DraftSight

DXF – formato de exportação para outros aplicativos CAD.

Para salvar o desenho que ainda não foi nomeado, utiliza-se o comando Salvar Como (Save as), e depois nomeia o arquivo com uma das extensões citadas acima (DWG ou DXF).

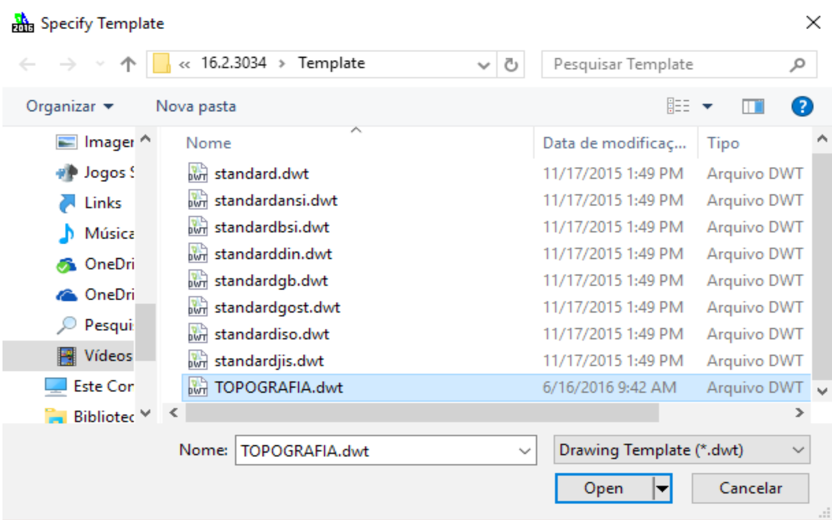


Figura 37. Janela para criação de um novo desenho.

Entrando com dados de um novo desenho

A entrada de dados, dependendo da finalidade do desenho, pode ser feita basicamente de duas formas:

Utilizando o Mouse – Selecionando-se um dos comandos como o Ponto (Point), Linha (Line) ou Polilinha (PolyLine) pode-se clicar na área de desenho e entrar com coordenadas desejadas. Esse método se aplica em desenhos que serão feitos à mão livre, ou seja, sem precisão, a exemplo de croquis.

Utilizando coordenadas X Y Z – Selecionando-se o comando Ponto (Point), Linha (Line) ou Polilinha (PolyLine) pode-se inserir as coordenadas adquiridas em um levantamento de campo diretamente na janela de comandos (Command window) do DraftSight. Para isso, deve-se ficar atendo às separações das coordenadas que são feitas pela vírgula, enquanto que as separações decimais são feitas pelo ponto. Tomando-se como exemplo, um determinado ponto levantado no campo apresenta as seguintes coordenadas: X = 105,45 e Y = 50,30. Para desenhar este ponto no DraftSight seleciona-se o comando Ponto (Point) e digita-se na janela de comando (Specify position) a seguinte sequencia: 105.45,50.30 <Enter>. Note que o ponto já aparece na área do desenho (Figura 38).

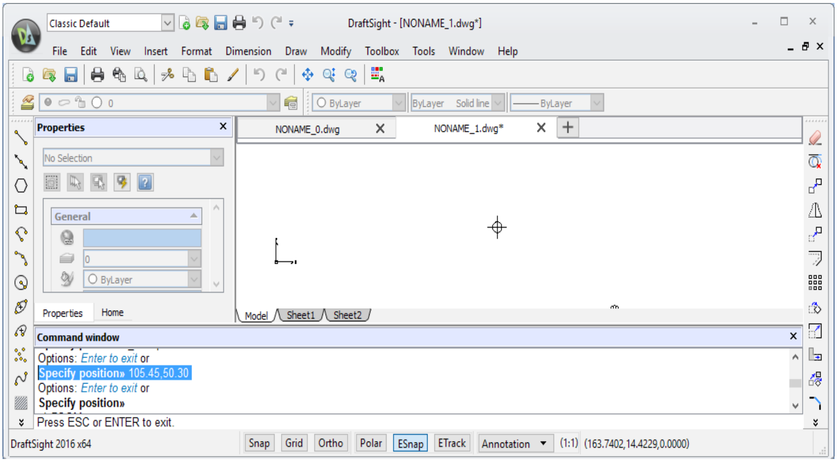


Figura 38. Janela de comando para inserir as coordenadas dos pontos.

Esse procedimento é repetido com quantos pontos sejam precisos para formar o desenho do levantamento topográfico. Como exemplo de um levantamento, serão utilizadas as coordenadas totais do levantamento calculado no item 5.5.1.9, cujos valores encontram-se na tabela abaixo:

		Coordenadas totais	
Estação	Ponto Visado	X	Y
I	II	1.000,00	2.000,00
II	III	763,6904	2.258,1773
III	IV	1043,7292	2.608,2612
IV	I	1.275,9776	2.274,7437

Conforme metodologia já demonstrada, o desenho advindo dos dados desta tabela serão digitados na janela de comandos da seguinte forma:

1000,2000 <enter>

763.6904,2258.1773 <enter>

1043.7292,2608.2612 <enter>

1275.9776,2274.7437 <enter> <esc>

O resultado pode ser visualizado na Figura 39, com os pontos já visíveis na área do desenho.

Determinando área e perímetro do desenho

Para se obter a área e o perímetro do desenho, deve-se digitar, na janela de comandos, área >enter. Logo após este comando, o programa vai pedir para você especificar o primeiro ponto do desenho (Specify first point), bastando clicar em cima do mesmo. Em seguida serão pedidos os próximos pontos (Specify next point), os quais deverão ser clicados sequencialmente, até o último ponto. Por fim, após selecionar o último ponto, deve-se clicar em Enter para se obter as medidas de área e perímetro. Na janela de comandos aparecerá: Area = 155439.9958, Perimeter = 1594.1401 (Figura 39). Como o desenho foi configurado no início para apresentar as medidas em metros, teremos: Área = 155.439,9958 m^2, Perímetro = 1.594,1401 m.

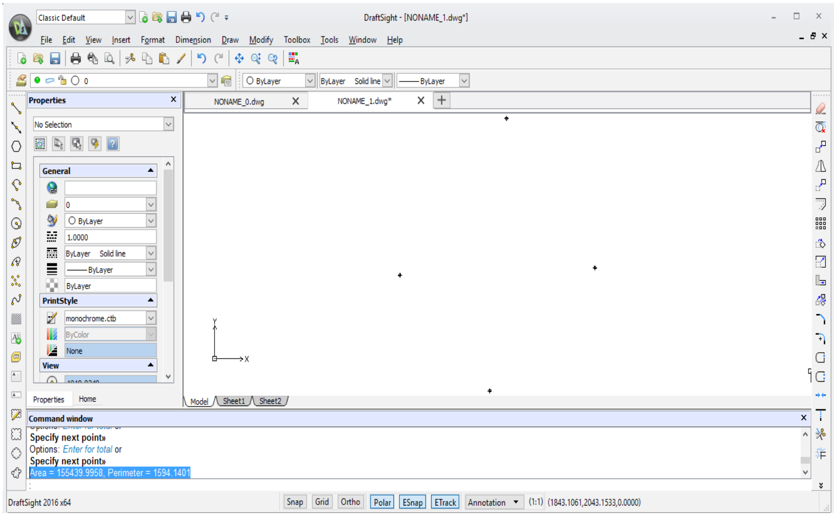


Figura 39. Tela principal com os pontos, área e perímetro do desenho.

De forma geral, estes são os comandos básicos para determinação da conformação do terreno levantado, assim como sua área e perímetro. Para elaboração do desenho final, com sua devida organização, deve-se recorrer ao manual do programa ou cursos oferecidos, já que esta não é a principal finalidade deste livro.

REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de normas Técnicas: **NBR13133 – Execução de levantamentos topográficos**. Rio de Janeiro, 1994. 35p.

BORGES, A. C. **Topografia aplicada à Engenharia Civil,** Vol. 1. 3. Ed. São Paulo: Blucher, 2013. 211p.

ESPARTEL, L. **Curso de Topografia**. 9. Ed. Rio de Janeiro: Globo, 1987. 655p.

GARCIA, G. J.; PIEDADE, C. R. G. **Topografia aplicada às Ciências Agrárias**. 5. Ed. São Paulo: Nobel, 1989. 256p.

TULER, M.; SARAIVA, S. **Fundamentos de Topografia**. Porto Alegre: Bookman, 2014. 308p.

COMASTRI, J.A. e JUNIOR, J. G. **Topografia Aplicada**: **medição, divisão e demarcação.** Viçosa: UFV, 1998, 203p.

COMASTRI, J. A. **Topografia**: **planimetria**. 2. Ed. Viçosa: UFV, 1992. 336p.

COSTA, A. A. **Topografia**. Curitiba: Livro Técnico, 2011. 144p.

DAIBERT,J. D. **Topografia: técnicas e práticas de campo**. 2. Ed. São Paulo: Érica, 2014. 120p.

CASACA, J.M.; MATOS, J.L.; DIAS, J.M.B. **Topografia geral.** 4. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013. 208p.

McCOMAC, J.C. **Topografia**. 5. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017. 391p.

SILVEIRA, L.C. **Fundamentos de topografia**. Escola Brasileira de Agrimensura. Tomo Único. Criciúma: CEBRAPROT, 2002. 112p.

Sobre o livro

Projeto gráfico e Editoração	Leonardo Araujo
Design da capa	Leonardo Araujo
Formato	15 x 21 cm
Mancha Gráfica	11 x 16,8 cm
Tipologias utilizadas	Book Antiqua 12 pt

Tendo em vista que a maioria das bibliografias sobre Topografia é desatualizada e muitas vezes escassa, este livro vem contribuir com novos procedimentos utilizados atualmente em levantamentos planimétricos de pequenas propriedades rurais. Aliado a isso, toda explanação dos assuntos foi abordada de forma simples para que o aluno tenha uma boa compreensão teórica e prática dos procedimentos utilizados na topografia. Desta forma, espera-se que esta obra venha a contribuir para a formação dos futuros profissionais.

eduepb