

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Departamento de Engenharia de Biosistemas



APONTAMENTOS DE AULA

Capítulo 3 – Medição Direta de Distâncias

Material integrante da apostila de apoio à disciplina
LEB0340 – Topografia

Responsável: Prof. Dr. Peterson Ricardo Fiorio

Colaboradores: Dra. Érica Nakai

Isa Marchini Rolisola

Piracicaba

2019

3. MEDIÇÃO DIRETA DE DISTÂNCIAS

É quando o Diastímetro é aplicado diretamente sobre o alinhamento a ser medido (Figura 1).

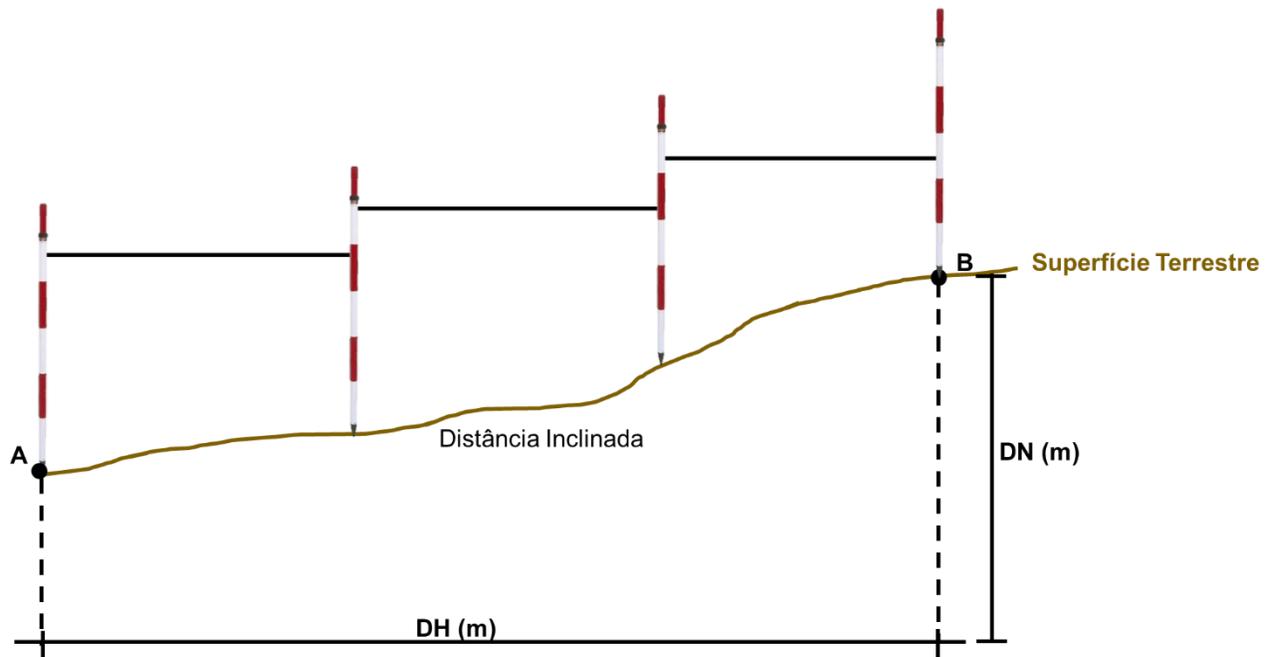


Figura 1 Exemplo de medição direta. Fonte: Autoria própria.

Na medição direta, as distâncias são medidas no terreno, aplicando-se uma unidade retilínea de comparação, tomada como referência. Assim, percorre-se o alinhamento a ser medido, determinando o número de vezes que essa unidade está contida nesse alinhamento, multiplicando-se pelo valor em metros da unidade empregada, obtendo-se a distância procurada.

A unidade retilínea de comparação empregada denomina-se de **Diastímetro**, que são todos e quaisquer instrumentos utilizados nas medições diretas de distâncias.

A Distância Horizontal (DH) é o alinhamento em um plano horizontal, que passa por dois pontos, segundo sua projeção horizontal. A Distância Vertical ou Diferença de Nível (DV ou DN) é a medida entre dois pontos, num plano vertical perpendicular ao plano horizontal. Já a Distância Inclinada (DI) é a medida entre dois pontos, em planos que seguem a inclinação da superfície do terreno (Figura 2).

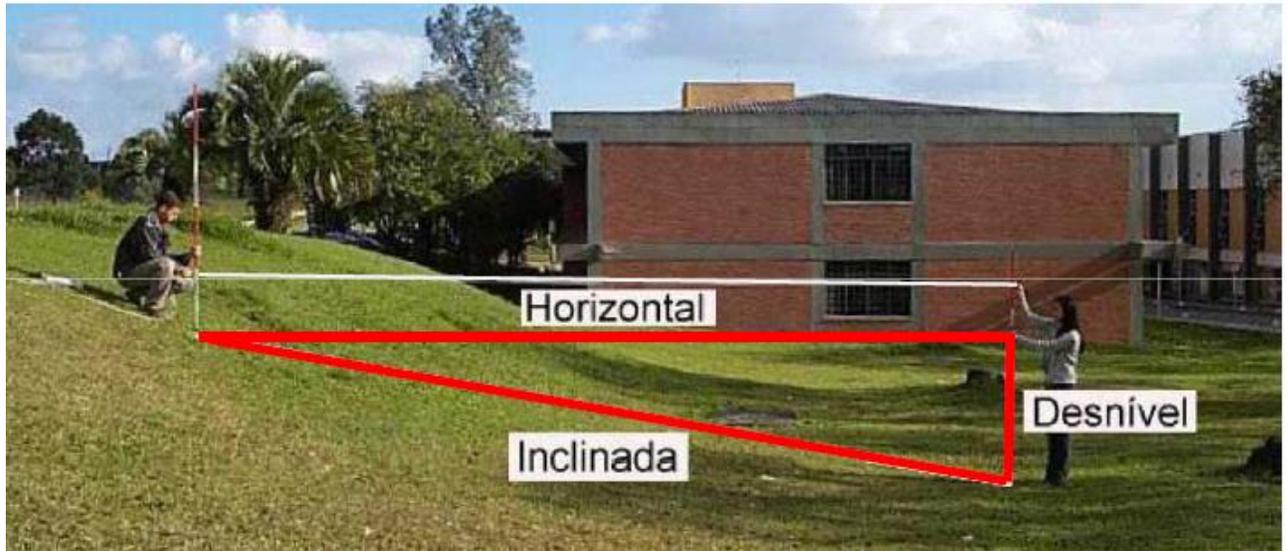


Figura 2 – Representação das distâncias horizontal, inclinada e diferença de nível.

3.1 DIASTÍMETRO

O Diastímetro é todo e qualquer instrumento destinado à medição direta de distâncias. Consiste num método preciso desde que seja empregado corretamente.

Para os trabalhos é utilizado o sistema métrico decimal, onde a unidade legal é o “metro” que é a décima milionésima parte de um quarto do meridiano terrestre.

Obs.: A quarta parte do meridiano terrestre corresponde a um ângulo de abertura de 90° é igual a 10.000.000 m.

No sistema métrico decimal temos os múltiplos e submúltiplos do metro, como se observa na Figura 3.

km	hm	dam	m	dm	cm	mm
1.000m	100 m	10 m	1 m	0,1 m	0,01 m	0,001 m
Múltiplos				Submúltiplos		

Figura 3 - Múltiplos e submúltiplos do metro. Fonte: Autoria própria.

3.1.1 PRECISÃO DOS DIASTÍMETROS

De acordo com a natureza da unidade empregada (Díastímetro) na medição dos alinhamentos podemos classificá-los conforme a precisão. Os erros de cada equipamento podem ser visualizados na Tabela 1.

Tabela 1 – Níveis de precisão e os respectivos equipamentos utilizados

Precisão	Equipamento	Erro
Alta	Fitas de invar	1 mm / 100 m
Média	Trena, fitas de aço	1-5 cm / 100 m
Baixa	Correntes, fitas de lona	25 cm / 100 m

3.1.1.1 MEDIÇÃO DE BAIXA PRECISÃO

São empregados em levantamentos rápidos de baixa precisão, como levantamentos expeditos. Nessas operações os Díastímetro empregados são passo do homem (passômetro), rodas de viaturas (odômetro), réguas graduadas, entre outros.

3.1.1.2 MEDIÇÃO DE MÉDIA PRECISÃO

Nesta categoria se processam as operações normais de Topografia, sendo as unidades empregadas:

- Cadeia de agrimensor
- Fita de aço
- Trena de lona
- Fita ou trena de fibra de vidro

3.1.1.3 MEDIÇÃO DE ALTA PRECISÃO

Nessa categoria podemos considerar os Díastímetro como o fio de Invar e os Distanciômetros eletrônicos (MED).

3.1.2 DESCRIÇÃO DOS DIASTÍMETROS E ACESSÓRIOS

Os Diastímetros mais usuais são:

- Trena: de plástico ou PVC ou fibra-de-vidro
- Fitas: de lona, de aço, ou invar
- Correntes ou cadeias de agrimensor (em desuso)

A trena é o equipamento mais usual na medida de distância empregado atualmente. As trenas plásticas são fabricadas em fibra de vidro, que são mais flexíveis, porém tendem apresentar deformações quando tencionadas acima do esforço recomendado. Podem ser encontradas nos tamanhos de 20, 30 e 50 m.

A fita de aço chega a uma precisão da ordem de 1 cm para cada 100 m. Pode ser encontrada em diferentes tamanhos de 1, 2, 5, 10, 20, 50 m. A fita de Invar é uma fita composta de aço e níquel.

As correntes ou cadeias de agrimensor são constituídas por uma série de elos de ferro, geralmente com 20 cm de comprimento unido entre si por argolas também de ferro formando uma cadeia ou corrente. Possuíam comprimento de 10, 20 ou 30 m.

A seguir serão descritos os equipamentos utilizados nas operações normais de Topografia. Para a Topografia, um Diastímetro pode ser definido como “todo e qualquer equipamento destinado à medição direta de distâncias”.

3.1.2.1 FIO DE INVAR

O fio de Invar é formado por uma liga de aço e níquel (36Vc), tem 1,5 mm de diâmetro e comprimentos de 24 m e múltiplos de 24 m, havendo também e de 8 m.

A principal característica é seu baixo, quase nulo, coeficiente de dilatação, daí ser considerado o Diastímetro mais perfeito, que proporciona medidas mais rigorosas e rápidas.

3.1.2.2 CADEIA DE CORRENTE DE AGRIMENSOR

É constituído por uma série de elos (fuzis ou anéis) de ferro ou aço de 20 cm cada um, unidos entre si por argolas, formando uma cadeia ou corrente (Figura 4). Possuíam comprimento de 10, 20 ou 30 m.



Figura 4 - Corrente ou cadeia de agrimensor. Fonte: Autoria própria.

3.1.2.3 FITA DE AÇO

Trata-se de uma fita delgada (Figura 5) de 1 a 1,5 mm de largura e comprimento variável entre 10 e 50 m. Geralmente as fitas de aço trazem gravadas as numerações de milímetros, centímetros e decímetros como também de metro em metro, em todo o comprimento da fita. Podem-se ter as gravações de metro em metro com pequenas chapas soldadas a fita ou rebites de cobre de metro em metro ou de meio em meio metro.

A fita de aço requer alguns cuidados:

- Não molhar (caso molhe, enxugar e passar óleo)
- Não esticar com ela torcida, pois se parte facilmente
- Não pisar na fita, visto que ela se quebra
- Não usar próximo de cabos de alta transmissão de energia elétrica
- Sempre guardá-la limpa para evitar ferrugem



Figura 5 - Fita de aço. Fonte: Starrett®

3.1.2.4 TRENA DE AÇO

São fitas de aço (Figura 6) protegidas por uma caixa de couro, graduadas em centímetros e milímetros, geralmente de 10, 20 e 30 m. É mais utilizada em trabalhos como locação de construções, levantamentos urbanos que geralmente são realizados em terrenos limpos.



Figura 6 - Trena de aço.

3.1.2.5 TRENA DE LONA OU DE PANO

São fitas de linho (Figura 7) de 1,5 cm de largura e com comprimento de 10, 15, 20 e 30 m. É graduada em centímetros e coberta com uma camada de tinta destinada a protegê-la contra a umidade (impermeabilizada).

Apresenta uma grande dilatação e são pouco resistentes, limitando o seu uso em trabalhos topográficos.



Figura 7 - Fita de pano. Fonte: Vonder®.

3.1.2.6 FITA OU TRENA DE FIBRA DE VIDRO

São diastímetros cujo material de fabricação é a fibra de vidro coberta com uma camada plástica. Seu uso é generalizado, substituindo com vantagem os demais diastímetros. Os comprimentos variam de 10 a 100 metros. As vantagens são: baixo coeficiente de dilatação, fácil manuseio e maior resistência.

3.1.3 ACESSÓRIOS UTILIZADOS EM MEDIÇÕES DIRETAS

Para a correta utilização dos diastímetros em medições diretas de distâncias, alguns acessórios são necessários para facilitar as operações, bem como minimizar os erros. Entre eles, os mais empregados são piquetes, estacas, balizas e fichas.

O piquete tem a finalidade de materializar o ponto topográfico. Mede de 15 a 30 cm de comprimento, com seção quadrada ou diâmetro de 2 cm. É apontado em uma das extremidades (facilitar a penetração na superfície a ser levantada) e deve ficar de 3 a 5 cm para fora do terreno. São utilizados para materializar os pontos topográficos.

A estaca, também denominada de testemunha, tem a finalidade de facilitar a localização do piquete e identificação do ponto topográfico. Deve medir aproximadamente cerca de 50 cm para fora do terreno.

A baliza tem a finalidade de tornar o ponto topográfico visível e auxiliar no caminhamento sobre o alinhamento topográfico (reta que une dois pontos). Mede geralmente 2,0 m, sendo pintada em gomos de 50 cm alternados nas cores vermelha e branca. A ponta é munida de um ponteiro de aço bem aguçado.

A ficha tem a finalidade de controlar o número de vezes com que o diastímetro foi esticado totalmente. É uma haste de ferro com um cabo em uma das extremidades e ponta aguçada na outra, com comprimento total de 50 cm.

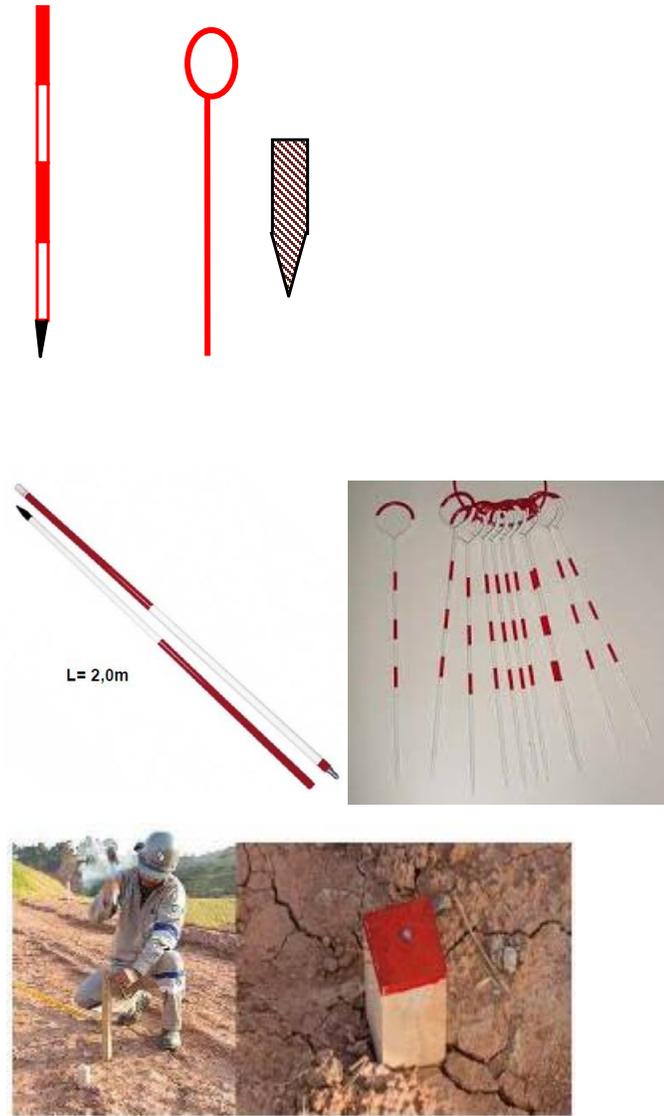


Figura 8 – Representação de Baliza, Ficha de mão, Estaca e Piquete para topografia.

O nível de cantoneira (Figura 9) é um instrumento utilizado para detectar a verticalidade da baliza ou mira.



Figura 9 - Nível de cantoneira. Fonte: Altamont Shop.

3.2 ERROS NAS MEDIÇÕES DIRETAS, TOLERÂNCIAS E CORREÇÕES

Em geral, as verificações de campo que podem ser aplicadas nas medições consistem em se medir duplamente as distâncias, o que pode detectar enganos frequentemente cometidos. Entretanto, deve-se lembrar que qualquer discrepância encontrada entre medições feitas sob condições similares, não revela nenhum erro sistemático.

3.2.1 ERROS NA MEDIÇÃO DIRETA

As principais fontes, causas de erros, na medição direta das distâncias, bem como as maneiras de evitá-las, são: catenária, desvio vertical, desvio lateral, erro de dilatação, desvio vertical da baliza, tensão, comprimento incorreto do diastímetro, erro de dilatação, erros grosseiros.

Os erros de medição direta podem ser sistemáticos, acidentais ou grosseiros.

- Erros sistemáticos: podem ser de aferição do comprimento do diastímetro; de tensão; da catenária; de aferição;
- Erros acidentais: podem ser devido à falta de horizontalidade do diastímetro; desvio lateral (erro de alinhamento); desvio vertical da baliza, e
- Erros Grosseiros: podem ser engano no número de trenadas; no ajuste do início (zero) do diastímetro; de leitura; nas anotações.

3.2.1.1 CATENÁRIA

A catenária é ocasionada pelo próprio peso do diastímetro, sendo que ao invés de estarmos medindo no terreno a Distância Horizontal (DH_{AB}) temos na verdade a medida do arco ACB (Figura 10).

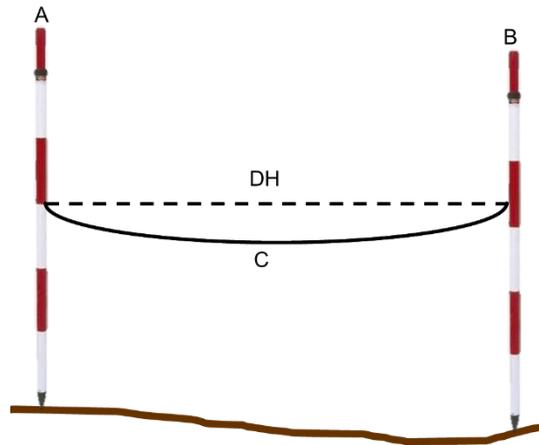


Figura 10 - Catenária no diastímetro, fonte de erros. Fonte: Autoria própria.

3.2.1.2 DESVIO VERTICAL

O desvio vertical é um erro cometido quando o diastímetro não é colocado em nível, ou seja, ao invés de medirmos a distância horizontal (DH) no terreno, estamos medindo a distância inclinada a qual é sempre maior, ocasionando um erro positivo. Em trabalhos em campo o desvio vertical é uma das mais frequentes fontes de erro (Figura 11).

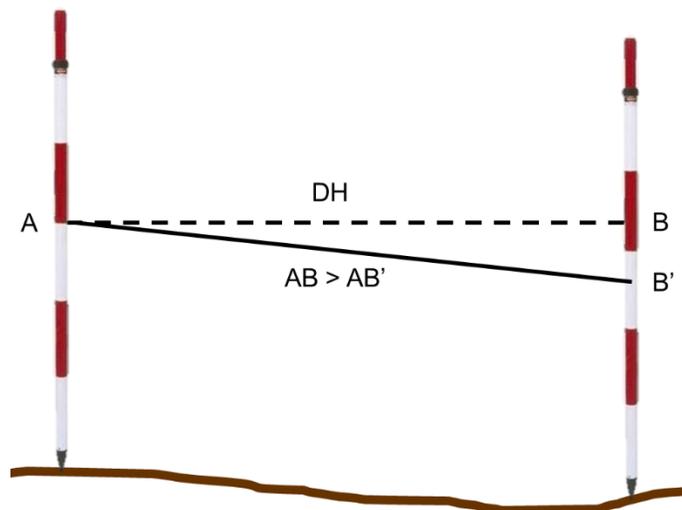


Figura 11 - Desvio vertical. Fonte: Autoria própria.

3.2.1.3 DESVIO LATERAL

É o erro cometido quando o balizamento não é observado com precisão. Dessa forma o alinhamento a ser levantado ABC vai ter um valor diferente do alinhamento ABC' no qual observamos o desvio lateral, sendo este obtido com valor maior (Figura 12).

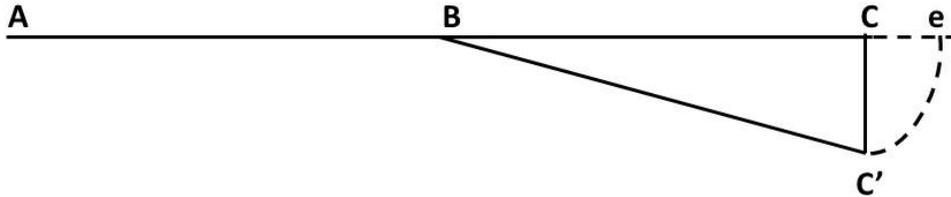


Figura 12 - Desvio lateral. Fonte: Autoria própria.

3.2.1.4 DESVIO VERTICAL DA BALIZA

O desvio vertical da baliza é causado por uma tendência natural dos balizeiros em puxar a baliza para o seu lado neutralizando o efeito da catenária. Assim, ao invés do alinhamento AB, estaríamos medindo AB', distância menor, erro negativo, ou o alinhamento AB'', distância maior, erro positivo (Figura 13).

Na prática esse erro pode ser evitado utilizando-se um nível de bolha, junto às balizas ou colocando um terceiro balizeiro para observar os outros dois nos pontos A e B.

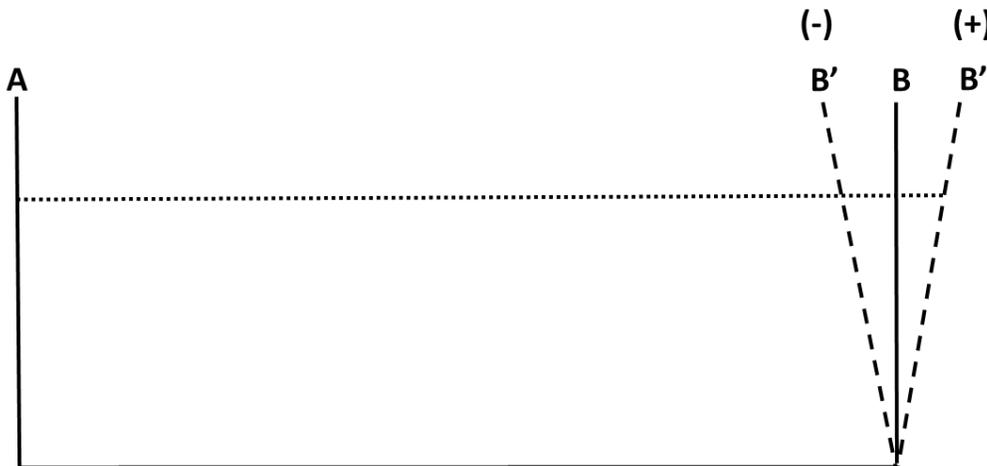


Figura 13 - Desvio vertical da baliza. Fonte: Autoria própria.

3.2.1.5 TENSÃO

As tensões aplicadas, às pontas dos diastímetros, para mantê-los esticados, dificilmente se mantêm uniformes para todos os pontos, o que ocasiona variação na flecha e na catenária.

Quando muito tensionados e com uso constante, alguns diastímetros podem mudar o seu comprimento o que ocasiona uma fonte de erro positiva no levantamento. Dessa forma, na prática deve-se tentar manter a mesma tensão em todos os pontos dos alinhamentos.

3.2.1.6 COMPRIMENTO INCORRETO DO DIASTÍMETRO

O comprimento incorreto do diastímetro geralmente é o resultado de um uso constante ou, às vezes, defeito do mesmo. É um erro sistêmico podendo ser positivo ou negativo, sendo percebido quando se faz a aferição do mesmo.

Assim, se o diastímetro foi devidamente aferido, com uma unidade padrão, pode-se calcular a constante de correção, multiplicando as distâncias medidas com o referido diastímetro, obtendo-se assim, a distância corrigida dos alinhamentos.

Exemplo, se um diastímetro mede 20,02 m, ao invés de 20 m, pode-se dizer que para cada 1 m desse diastímetro temos 1,001 m.

Dessa forma, a constante de correção passa ser 1,001. Para um alinhamento medido de 140,80 m temos na verdade $140,80 \text{ m} \times 1,001$, ou seja, 140,9408.

3.2.1.7 ERROS GROSSEIROS

Os erros grosseiros são aqueles provenientes de enganos. Os enganos não são considerados inevitáveis, porém, tão somente descuido ou imperícia do próprio operador, fazendo com que a confiança nas observações se perca, devendo ser corrigidos a tempo.

Os erros grosseiros mais comuns são:

- Engano com respeito ao ponto zero do diastímetro que poderá estar dependendo da fabricação na extremidade da argola ou marcado na fita;
- Omissão de trenadas;
- Erros de leitura, e
- Anotações erradas.

3.3 LEVANTAMENTO À TRENA

O levantamento topográfico à trena pode ser feito de suas formas, com o uso de triangulação ou com o uso de coordenadas.

3.3.1 TRIANGULAÇÃO

Ao realizar o levantamento à trena de uma área, esta será dividida em triângulos. O cálculo da área de cada triângulo será obtido pela Fórmula de Heron, e a área total será o somatório das áreas de todos os triângulos.

Primeiro, deve-se dividir a poligonal em triângulos, conforme Figura 14.

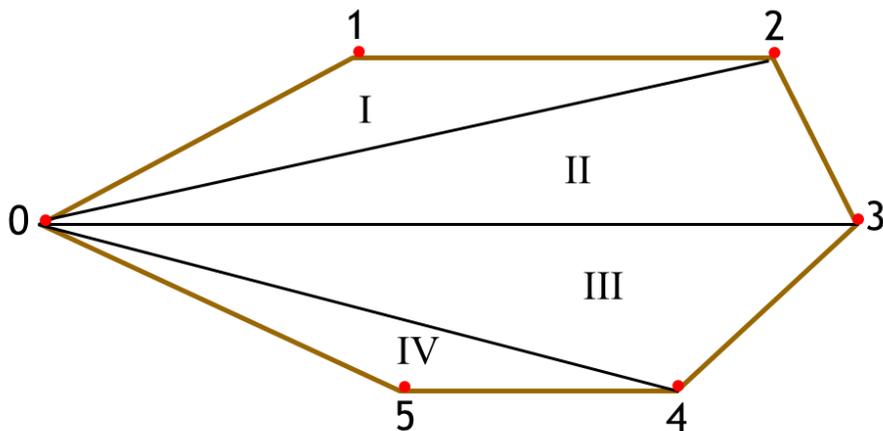


Figura 14 – Triangulação da poligonal. Fonte: Autoria própria.

Com a área dividida em triângulos, calcula-se o semiperímetro (S) para cada triângulo, conforme mostrado abaixo.

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

Onde a, b e c são os lados de cada triângulo.

Calculado o semiperímetro, calcula-se a área (A) conforme a fórmula a seguir.

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

3.3.2 COORDENADAS

A área de uma poligonal também pode ser obtida pela Fórmula de Gauss, que utiliza apenas as coordenadas dos pontos que compõem a poligonal.

$$A = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n-1} x_i y_{i+1} + x_n y_1 - \sum_{i=1}^{n-1} x_{i+1} y_i - x_1 y_n$$

A Figura 15, mostra uma forma simplificada para efetuar o cálculo da área.

	②				①
Ponto	Y.X	X	Y		X.Y
A		Xa	Ya		
B	Ya.Xb =	Xb	Yb		= Xa.Yb
C	Yb.Xc =	Xc	Yc		= Xb.Yc
D	Yc.Xd =	Xd	Yd		= Xc.Yd
A	Yd.Xa =	Xa	Ya		= Xd.Ya
	④	∑ = Y.X		③	∑ = X.Y

Figura 15 - Método de Gauss para cálculo de área de um polígono regular

Primeiro multiplica-se os valores de X por Y, no sentido esquerda → direita, depois se multiplica os valores de Y por X, no sentido direita → esquerda.

Após, soma-se esses valores conforme destacado em 3 e 4 na Figura X.

Feito isso, aplica-se os valores na fórmula simplificada a seguir.

$$A = \frac{|\sum X.Y - \sum Y.X|}{2}$$

OBSERVAÇÃO

Para transformar coordenadas polares em coordenadas retangulares aplica-se as seguintes fórmulas:

- Para obter a coordenada X

$$X = \text{sen} (Az) \times DH$$

- Para obter a coordenada Y

$$Y = \cos (Az) \times DH$$

Onde Az é o Azimute em graus e DH a Distância Horizontal em metros.