

**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**
MATO GROSSO
Campus Confresa

INSTITUTO FEDERAL DE MATO GROSSO - CAMPUS CONFRESA
Avenida Vilmar Fernandes, 300, Setor Santa Luzia, CEP: 78652-000, Confresa, Mato Grosso

CURSO: Agronomia

DISCIPLINA: Topografia I e II

PROF.: Dr. César Antônio da Silva

CARGA HORÁRIA: 80 horas aula



APOSTILA DE TOPOGRAFIA



Ficha Catalográfica

SILVA, C. A. da. **Apostila de Topografia**. 1ª ed., Confresa: IFMT, 2013. 79 p.

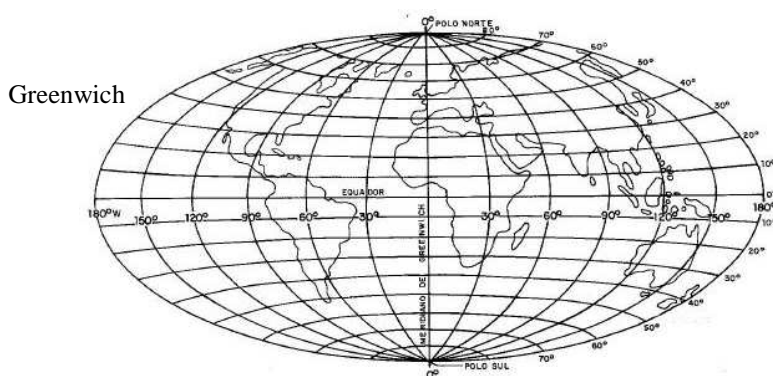
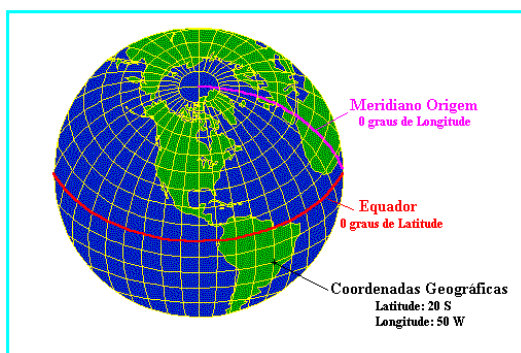
SUMÁRIO

1 TOPOGRAFIA.....	3
1.1 Importância da Topografia.....	3
1.2 Projeções cartográficas	4
1.3 Sistemas de coordenadas.....	7
1.4 Unidades de medidas	10
1.4.1 Unidades de comprimento.....	10
1.4.2 Unidades de área	10
1.4.3 Unidades de ângulo	11
1.5 Azimute e Rumor	13
2 ESCALA	15
2.1 Tipos de escala.....	15
3 TRIGONOMETRIA.....	17
3.1 Funções trigonométricas no triângulo retângulo.....	17
3.2 Tipos de triângulo e cálculo de área.....	18
3.3 Circunferência: área e perímetro.....	19
4 EQUIPAMENTOS TOPOGRÁFICOS	20
4.1 Piquetes	20
4.2 Estacas	20
4.3 Baliza	20
4.4 Mira falante ou estadia.....	20
4.5 Prumo.....	21
4.6 Bússola.....	21
4.7 Caderneta de campo	21
4.8 Nível de mangueira	22
4.9 Nível óptico ou nível de precisão.....	22
4.10 Teodolito.....	22
5 PLANIMETRIA.....	26
5.1 Fases do levantamento topográfico planimétrico.....	26
5.2 Métodos de medição de distância	27
5.2.1 Medida direta de distância.....	27
5.2.2 Medida indireta de distâncias	27
5.2.3 Medida eletrônica de distância	28
5.3 Determinação de área utilizando trena.....	28
5.4 Principais métodos de levantamento topográfico usando teodolitos	29
5.4.1 Levantamento por irradiação.....	30
5.4.2 Levantamento por caminhamento	30
5.5 Erros em levantamentos topográficos	36
5.5.1 Erros acidentais mais comuns	36
5.5.2 Erros grosseiros mais comuns	37
5.5.3 Erros sistemáticos mais comuns.....	39
5.6 Erro máximo permitido.....	39
6 ALTIMETRIA	43
6.1 Principais métodos de nivelamento.....	43
6.1.1 Nivelamento direto.....	43
6.1.2 Nivelamento indireto: método estadimétrico	48
6.2 Medição de desnível com nível de mangueira	51
6.3 Terraceamento.....	52
6.3.1 Classificação dos Terraços.....	53
6.3.2 Seleção do tipo de terraço: vantagens e desvantagens	59
6.3.3 Locação de Terraços	60
6.4 Interpolação de curvas de nível.....	66
6.5 Sistematização de terreno.....	70
7 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	79

1 TOPOGRAFIA

A palavra Topografia é de origem grega (*topos*: lugar e *graphein*: descrição ou desenho), e significa “descrição de um lugar”. **Topografia** é a ciência que estuda a representação detalhada de um trecho da superfície da Terra (área, perímetro, acidentes geográficos, desnível) num plano, assim como representa as benfeitorias do terreno: cercas, construções, rodovias, ferrovias, rede elétrica, limites de áreas agricultáveis, como pastagens, lavouras, reserva legal e divisas com outras propriedades. A Topografia não considera a esfericidade da Terra, o que limita sua área de abrangência a um raio máximo de 50 km.

- **Topografia:** este termo se aplica a áreas relativamente pequenas (plantas, cartas topográficas).
- **Agrimensura:** é a técnica de medição das terras.
- **Geodésia:** ciência que estuda a forma da Terra, considerando sua curvatura. É um termo que se aplica à representação de áreas maiores (mapas), com raio acima de 50 km, que utiliza a geografia matemática em seus trabalhos (hoje auxiliados e desenvolvidos pela informática).



Representação da curvatura da Terra

As primeiras evidências da curvatura da Terra se embasavam:

- Nas embarcações que desapareciam no horizonte;
- Na existência dos dias e das noites;
- Na sombra da Terra na Lua, a ocorrência de eclipses e fases da Lua (nova, crescente, cheia e minguante).

1.1 Importância da Topografia

É uma ciência de grande aplicação prática. É a base de diversas profissões (Técnicos em Agropecuária, Técnicos em Agrimensura, Técnicos em Estradas, Engenheiros Agrícolas, Agrônomos, Civil, Florestais e Agrimensores). Dentre suas aplicações, destacam-se:

- Conhecimentos de uma determinada área (tamanho, contornos, relevo, acidentes naturais e artificiais, detalhes, posição relativa, etc.) com a retratação da mesma através de plantas próprias;
- Medição de propriedades agrárias, subdivisão de glebas;
- Georeferenciamento de imóveis rurais;
- Locação de obras de engenharia civil, sanitária e outras afins, inclusive construção de obras de Hidráulica;
- Instalação de redes de comunicação e transmissão de energia;

- Locação de estradas e ferrovias;
- Sistematização de terreno (corte e aterro)
- Conservação de solo, locação de terraços (em nível e em gradiente), canais para condução de água, etc.

A diferença básica entre a Topografia e a Cartografia se resume no seguinte:

- **Topografia:** se trata da descrição do lugar, sem considerar a curvatura da Terra.
- **Cartografia:** ciência que se ocupa da elaboração de cartas topográficas e mapas de qualquer espécie, considerando a curvatura terrestre.

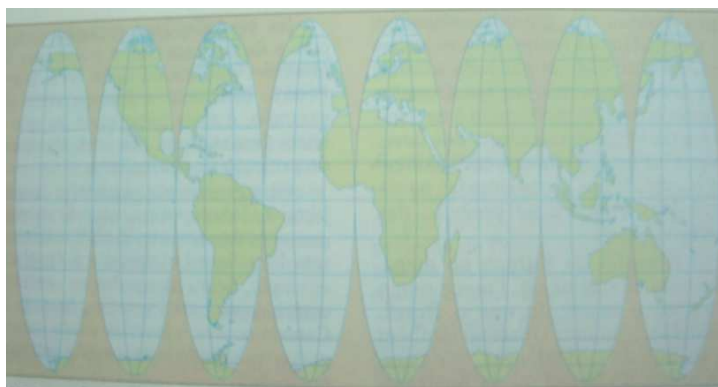
A Topografia pode ser subdividida em:

- **Planimetria:** estuda a representação do terreno sobre um plano horizontal bidimensional (coordenadas X e Y);
- **Altimetria:** estuda a medida da diferença de nível entre dois ou mais pontos no terreno e a representação do relevo tridimensional num plano.

Devido à superfície curva da Terra e à dificuldade de representação da superfície terrestre num plano, a Cartografia utiliza técnicas de projeção, conhecidas por projeções cartográficas.

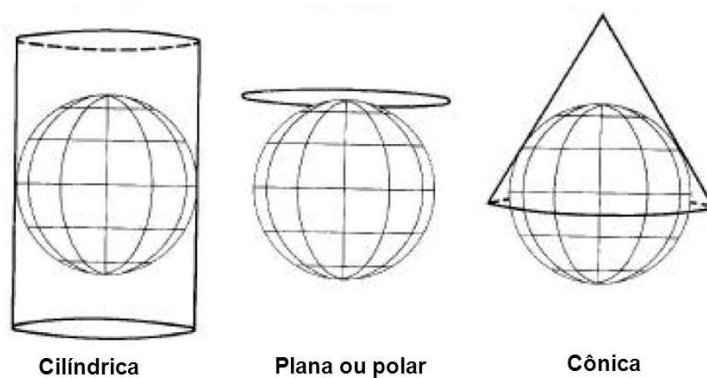
1.2 Projeções cartográficas

As projeções cartográficas se baseiam em diferentes formas de projetar a superfície curva da Terra num plano ou folha de papel. Uma das primeiras tentativas de projeção foi a dividir o globo terrestre em fatias e tentar unir as partes sobre um plano.



Projeção de partes do globo terrestre num plano

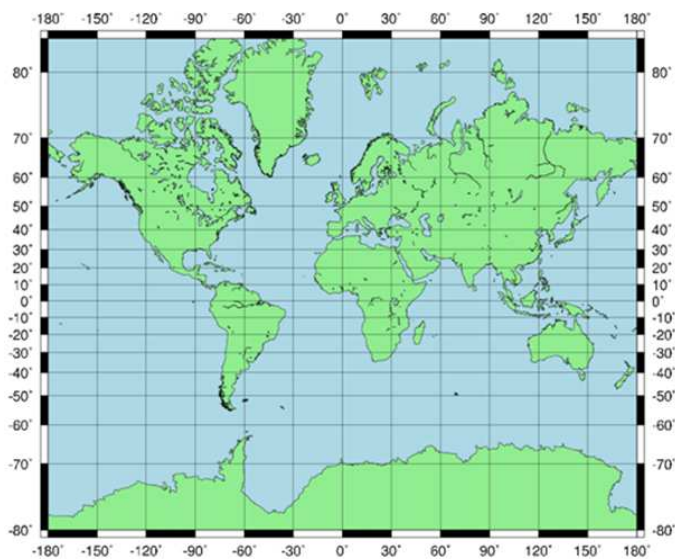
Quanto ao tipo de superfície adotada, as projeções são classificadas em: **cilíndricas, planas ou polares** e **cônicas**, segundo represente a superfície da Terra sobre um cilindro, um plano ou um cone.



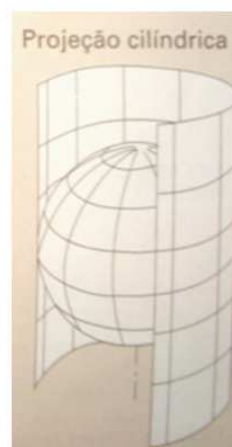
Tipos de projeções quanto ao tipo de superfície

Visando representar a superfície terrestre da melhor forma, vários pesquisadores desenvolveram diferentes sistemas de projeção:

- a) **Projeção cilíndrica de Mercator:** foi desenvolvida no século XVI, no período das grandes navegações. O princípio de projeção é como se o globo terrestre fosse envolvido por um cilindro. Um **aspecto positivo é que** reproduz aproximadamente as zonas intertropicais, e um fator **negativo é que** exagera a projeção das áreas próximas aos polos.



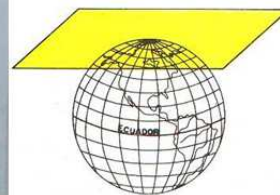
Projeção cilíndrica de Mercator



- b) **Projeção polar:** as áreas próximas do centro do mapa ficam bem representadas, mas as áreas distantes ficam cada vez mais distorcidas.

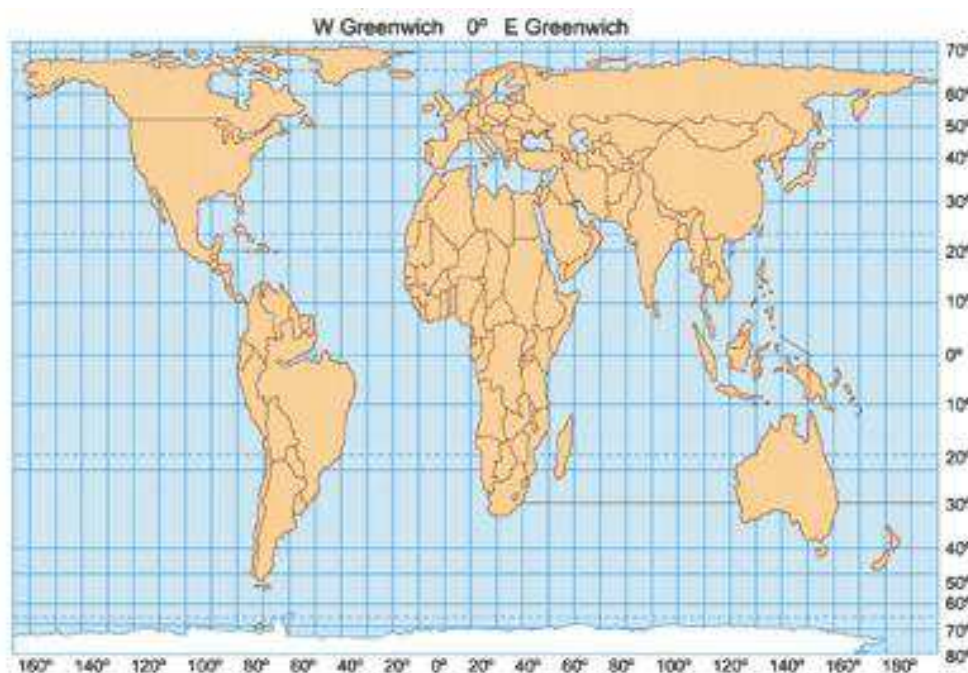


Ex: mapa do Pólo Norte (pode ser útil para estudar América do Norte, Europa, linhas áreas que unem os continentes, passando pelo Ártico).



Projeção plana ou polar

- c) **Projeção de Peters:** consiste numa tentativa de projeção oposta à de Mercator. Procura retratar de forma fiel o tamanho das áreas, porém, distorce as formas.



Projeção de Peters

A projeção de Peters procura retratar o tamanho relativo das áreas, mesmo sacrificando sua forma. Surgiu como uma reação contra a maneira de representar, em tamanho exagerado, a Europa e o hemisfério norte nos mapas mundi. Os mapas nessa projeção mostram que os países subdesenvolvidos, principalmente da África e América do Sul, ocupam uma área maior que a Europa.

- d) **Projeção de Aitoff:** é muito utilizada na representação de planisférios (mapa mundi). É equivalente quanto ao tamanho relativo das áreas. Esta projeção é um meio-termo entre as projeções de Mercator e Peters.

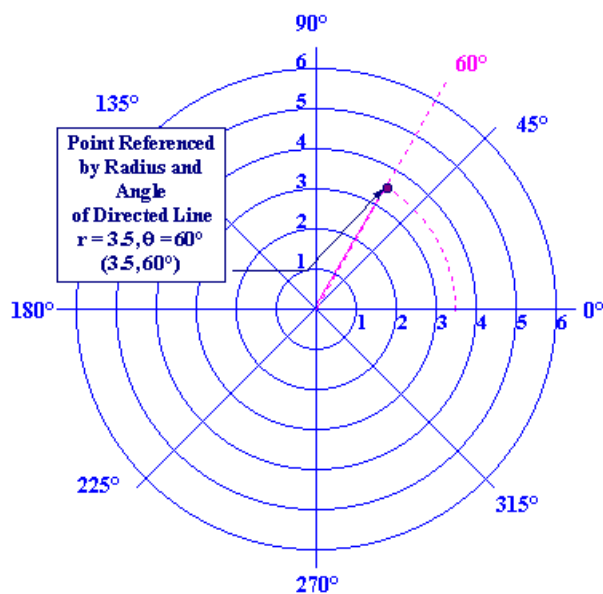


Projeção de Aittof

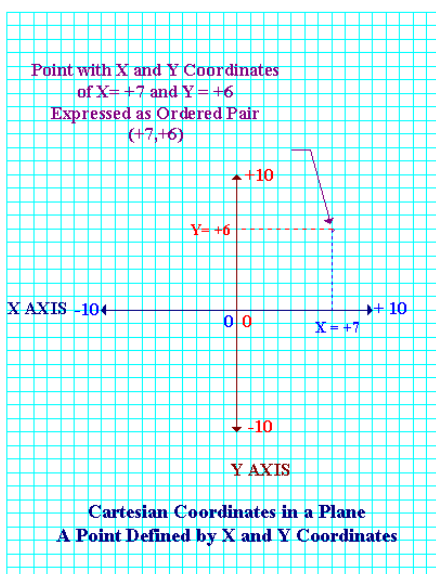
Cada tipo de projeção apresenta pontos positivos e negativos. Não existe projeção melhor que outra. Ao elaborar o mapa (planta topográfica) de uma área pequena (ex: cidade, bairro, fazenda, terreno), a projeção cartográfica não é importante.

1.3 Sistemas de coordenadas

a) **Coordenadas polares:** baseiam-se na distância de um ponto qualquer à origem. É dada pelo valor de uma distância (raio) e um ângulo. **Ex: 3,5; 60°**



b) **Coordenadas cartesianas:** baseia-se na distância de um ponto a dois eixos perpendiculares (x; y). Têm como referência os quatro quadrantes do plano cartesiano. O plano tem como origem o ponto (O) = (0;0).

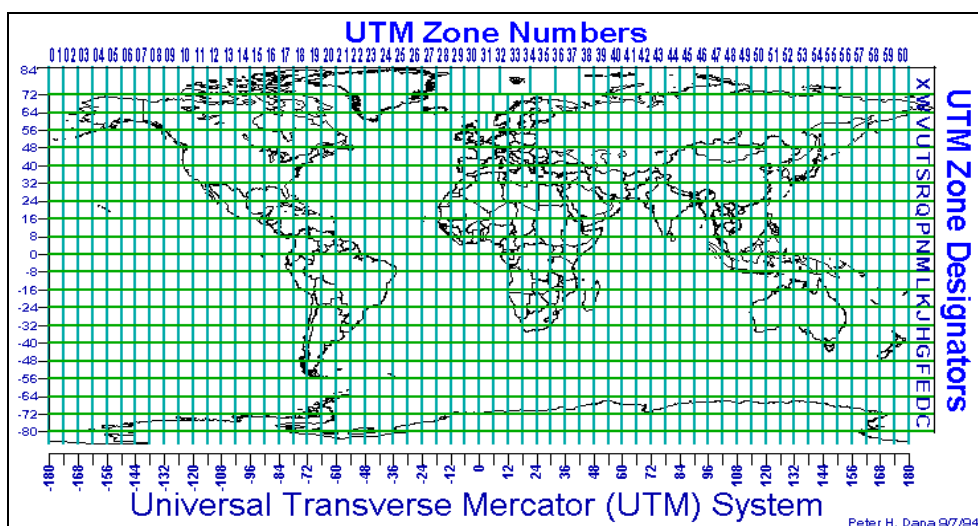


c) Coordenadas Geográficas:

- **Latitude:** é a distância em graus de um ponto qualquer na superfície terrestre à Linha do Equador. A latitude pode ser norte ou sul, e varia de 0° (no Equador) a 90° (nos pólos). É indicada pelas linhas horizontais (paralelos). Os principais paralelos são a Linha do Equador, o Trópico de Capricórnio e Trópico de Câncer.
- **Longitude:** é a distância em graus de um ponto qualquer na superfície terrestre ao Meridiano de Greenwich. A longitude pode ser leste ou oeste, e varia de 0° a 180° . É indicada pelas linhas verticais (meridianos). Os principais meridianos são o de Greenwich e a Linha Internacional de Mudança de Data.
- **Altitude:** é a distância vertical entre um ponto qualquer e o nível médio do mar.
- **Cota:** é a distância vertical de um ponto qualquer a uma superfície de referência.

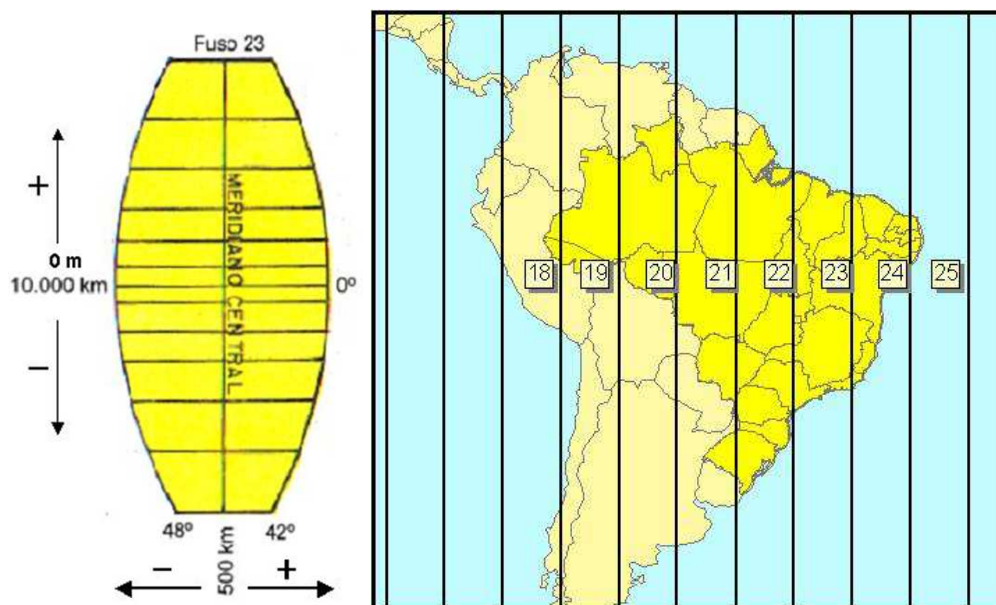
d) Coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator)

Nesse sistema, a Terra é dividida em 60 fusos de 6° de longitude, formando inúmeras quadrículas.



A unidade de medida é o metro. Os paralelos determinam distâncias do Equador (10.000.000 m) até o Pólo Sul (0 m), e do Equador (0 m) até o Pólo Norte (10. 000.000 m). As latitudes são limitadas pelos paralelos 84° N e 80° S, onde as deformações ainda não são significativas.

Cada 3° de longitude equivale a 500.000 m, para oeste (-) e para leste (+). No Brasil estão os fusos de numeração 18 a 25, crescente do Acre para o Oceano Atlântico. A quadrícula se estende em 3° p/ leste (500.000 m) e 3° p/ oeste (500.000 m) do fuso.



O sistema de tema UTM usa três dados:

- O primeiro é o setor do globo terrestre (Fuso);
- O segundo é a distância X, relativa ao fuso: varia de 0 a 500.000 m (oeste do fuso) e de 500.000 a 1000.000 m (leste do fuso);
- E o terceiro é a distância Y, do Pólo Sul (para lugares situados no Hemisfério Sul) ou da Linha do Equador (para lugares situados no Hemisfério Norte).

Para casa: fazer pesquisa sobre o sistema UTM

Conversão de coordenadas UTM: <http://www.dpi.inpe.br/calcula/>

Exemplo de coordenadas: Confresa: 10°38'38" latitude sul; 51°34'08" longitude oeste

Fuso UTM: 22 $X = 437777.804117 \text{ m}$; $Y = 8823334.37173 \text{ m}$

Para determinar o fuso, utiliza-se esta equação:

$$\text{Fuso (inteiro)} = \frac{(180^\circ - \text{Longitude})}{6} + 1$$

1.4 Unidades de medidas

As unidades de medida mais usadas na topografia são as de comprimento, ângulo e área. A unidade de comprimento do Sistema Internacional (SI) mais usada é o metro (m), seus múltiplos e submúltiplos.

1.4.1 Unidades de comprimento

Múltiplos	Símbolo	Submúltiplos	Símbolo
decâmetro = 10^1 m	dam	decímetro (0,1 m)	dm
hectômetro = 10^2 m	hm	centímetro (0,01 m)	cm
quilômetro = 10^3 m	km	milímetro (0,001 m)	mm

Para converter unidades de comprimento, basta preencher o quadro abaixo, deslocando a vírgula para a direita ou esquerda:

Ex: a) Converter 580 m para km

b) 45,2 m para cm

km	hm	dam	m	dm	cm	mm
	5	8	0,			
0,	5	8	0			

km	hm	dam	m	dm	cm	mm
		4	5,	2		
		4	5	2	0,	

Outras unidades:

polegada = 2,54 cm

légua = 6600 m

vara = 2,96 m (Império Romano)

milha = 1609 m

pé = 30,48 cm

braça = 2,20 m

vara = 1,10 m (Brasil e Portugal)

jarda = 0,9144 m

1,0 pé = 12 polegadas

Exercício:

1) Converta as seguintes unidades de medida de comprimento:

- 5,3 m em mm
- 3,5 cm em m
- 7,0 cm em dam
- 530 dam em km
- 0,088 km em cm
- 127 cm em pol
- 1,0 pé em pol
- 0,064 hm em mm
- 25,744 km em milha
- 4 léguas em km
- 762 pol em pé
- 5002 mm em dm

1.4.2 Unidades de área

A unidade de área mais usada é o metro quadrado (m^2). Existem outras medidas utilizadas no dia-a-dia pelos agricultores, como o hectare (ha).

1 litro = 605 m^2 (medida empírica, senso comum)

1 quarta = 20 litros = 12100 m^2 = 1,21 ha

1 are = 100 m^2

1 centiare (ca) = 1m^2

1,0 ha = 10.000 m^2 = 100 are

1,0 alqueire goiano ou mato grossense = 48400 m^2 = 4,84 ha = 80 litros

1,0 alqueire paulista = 24200 m^2 = 2,42 ha = 40 litros

1,0 alqueire mineiro = 36900 m^2 = 3,69 ha

A conversão de m^2 para seus múltiplos e submúltiplos é feita da seguinte forma:

Ex: a) Converter $1,0\text{ m}^2$ para cm^2

b) 48400 m^2 para hm^2

km^2	hm^2	dam^2	m^2	dm^2	cm^2	mm^2
			1,	0		
			1	0	0	0

km^2	hm^2	dam^2	m^2
	4	8	4
	4,	8	4

Exercício:

1) Converta as seguintes unidades de medida de área:

a) 52 m^2 em mm^2

b) $1,0\text{ m}^2$ em cm^2

c) 8488 m^2 em km^2

d) $47,356\text{ hm}^2$ em dam^2

e) $1,0\text{ pé}^2$ em pol^2

f) $0,44\text{ ha}$ em hm^2

g) $1,0\text{ alqueire mato grossense}$ em km^2

h) 2 légua^2 em km^2

i) $753,8\text{ cm}^2$ em hm^2

j) $3,5\text{ alqueire mineiro}$ em alqueire goiano

k) $6,0\text{ braça}^2$ em jarda^2

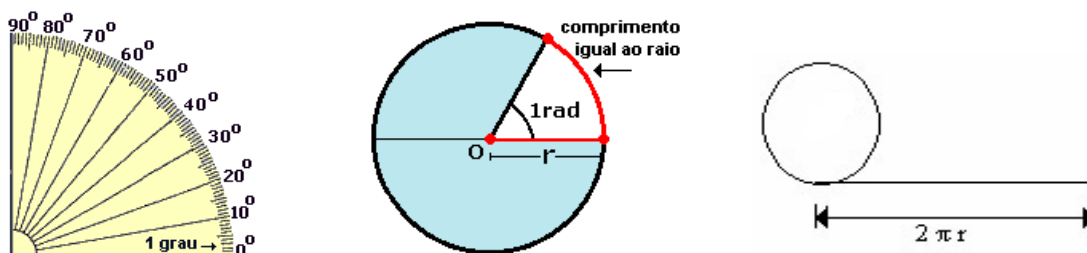
1.4.3 Unidades de ângulo

As unidades de ângulo mais usadas são: grau ($^\circ$), minuto ($'$) e segundo ($''$). Há ainda o radiano (rad) e o grado (grad). $1^\circ = 60' = 3600''$

Grau: Medida de um arco que corresponde a $1/360$ da circunferência.

Grado: É a medida de um arco igual a $1/400$ da circunferência.

Radiano: Medida de um arco que tem o mesmo comprimento do raio da circunferência.



Perímetro ou comprimento do círculo: $C = 2\pi.r$

Para transformar de uma unidade para outra, basta fazer uma regra de três simples.

$$360^\circ = 400 \text{ grados} = 2\pi \text{ rad}$$

Onde: $\pi = 3,141592654$ (constante)

• **Como converter unidades de ângulo na calculadora científica CASIO:**

➤ **Resetar a calculadora:**

- ✓ Pressione a tecla **Shift**
- ✓ Pressione a tecla **Mode**
- ✓ Pressione a tecla **3 (All)**: para apagar todas as memórias
- ✓ Pressione a tecla **=**

➤ **Converter unidades de ângulo:**

Ex: converter 90° em grados

- ✓ Pressione 2 vezes a tecla **MODE**
- ✓ Escolha a unidade de ângulo desejada: **1 Deg** (Grau), **2 Rad** (Radiano) ou **3 Gra** (Grado). Escolher **3 Gra**
- ✓ Digite o valor do ângulo que pretende converter: **90**
- ✓ Pressione **Shift**, pressione **Ans** (para ativar DRG) e a tecla **1** (para colocar grau)
- ✓ Pressione **=**
- ✓ Resposta: **$90^\circ = 100 \text{ grados}$**

• **Como colocar grau, minuto e segundo?**

- Usar a tecla: **0 ' ''**

Exercícios:

1) Converta as seguintes unidades de ângulo utilizando a calculadora científica. Se preferir faça regra de três simples:

a) 60° em grados

- b) 150 grados em graus
- c) π radianos em graus
- d) 400 grados em radiano
- e) $57^{\circ}17'44,81''$ em radiano

2) Converta as unidades de ângulo, utilizando regra de três simples, ou então, faça a conversão diretamente na calculadora, anotando o resultado:

- a) $45'$ em graus
- b) $1500''$ em minutos
- c) 200 grados em radianos
- d) 270° em grados
- e) 180° em radianos
- f) $210'$ em graus
- g) 45° em radianos
- h) 60° em grados
- i) $9000''$ em graus
- j) $600'$ em grados

1.5 Azimute e Rumo

- **Azimute:** é o ângulo formado entre o norte magnético ou verdadeiro e o alinhamento considerado. **É medido no sentido horário e varia de 0° a 360° .** O azimute é magnético porque é medido a partir do norte magnético (N) e indicado por meio de bússola.



Bússola

- **Rumo:** é o ângulo formado entre o alinhamento considerado e o meridiano magnético (alinhamento Norte-Sul), em relação ao quadrante que se encontra. O cruzamento da linhas norte-sul e leste-oeste determina quatro quadrantes (1° , 2° , 3° e 4° quadrante). **O rumo varia de 0° a 90° e é calculado a partir do alinhamento Norte-Sul.** O rumo pode ter direção nordeste (NE), sudeste (SE), noroeste (NO) e sudoeste (SO), quando se encontra em um dos quatro quadrantes.

2 ESCALA

Escala é a relação entre a dimensão linear de um objeto representado no papel e a dimensão real desse objeto, sendo que este objeto deve ser representado na íntegra e a escala devendo ser indicada obrigatoriamente, na legenda.

2.1 Tipos de escala

Gráfica: mais fácil de ser compreendida, informando com mais eficiência a razão de proporção.



ESCALA 1:100

Numérica: é o tipo de escala mais usado em desenho técnico e topografia. Expressam a razão de proporção através de frações, onde o módulo de escala é usualmente múltiplo de 10.

Ex: 1:100, 1:100.000, 1:5000.000, 1/500, 1/25000.

É importante perceber que, dependendo da escala, a denominação da representação muda para *planta*, *carta* ou *mapa*.

Aplicação	Escala
Detalhes de uma horta caseira	1:50 ou 1:100
Planta da moradia, galpão, reservatório de água	1:100 ou 1:200
Planta de uma pequena chácara ou quintal	1:500 ou 1:1.000
Planta de propriedades rurais	1:1.000, 1:2.000 ou 1:5.000
Planta de grandes propriedades rurais	1:5.000, 1:10.000 ou 1:25.000
Cartas de municípios	1:50.000 ou 1:100.000
Mapas de estados, países, continentes etc.	1:200.000 ou 1:10.000.000

Fórmula para cálculo da escala:

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

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

Onde:

D: é a distância real

E: é a escala

d: é a distância no mapa

Exercício: Um topógrafo mediu o comprimento de uma cerca de arame, totalizando 40 m. Caso ele represente a cerca num papel, na escala de 1:800, qual a medida no papel?

Exercícios:

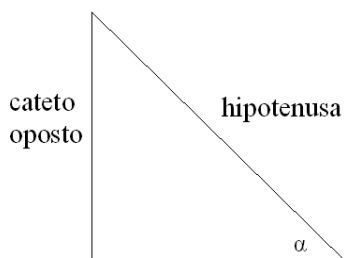
- 1) Num mapa de uma fazenda, a escala é de 1:5000. Sabe-se que, no mapa há uma cerca de arame representada em 12 cm. Qual o comprimento real dessa cerca? Supondo que a cerca tenha 5 fios de arame e que cada rolo de 500 m de arame custe R\$ 250,00, qual o custo total do arame para a construção dessa cerca?
- 2) A planta de um galpão de bovinos foi elaborado na escala 1:225 e tem dimensões de 10 x 8 cm no papel. Quais as dimensões reais do galpão, em metros?
- 3) Um lote na cidade tem 15 m de frente. Qual será a dimensão no desenho, em centímetros, na escala 1:120?
- 4) Sabendo-se que a distância entre dois postes em uma rua é de 25m e que na planta essa distância é de 10 cm, qual é a escala em que a planta foi elaborada?
- 5) A planta topográfica de uma lavoura de feijoeiro é desenhada na escala 1/1.000. Qual é a medida real (em metros) de um linha de plantas de feijão que mede 12,4 cm no papel?
- 6) Se uma distância que mede 3,6 km ao longo da vegetação ciliar de um córrego está representada por 36 cm, qual é a escala da planta?
- 7) Uma horta comunitária é retangular e possui uma **área de 2184 m²**. No mapa planimétrico, um dos lados mede, no papel, 10,4 cm, na **escala de 1:500**. Quais são as medidas (**comprimento e largura**) dessa horta?

3 TRIGONOMETRIA

3.1 Funções trigonométricas no triângulo retângulo

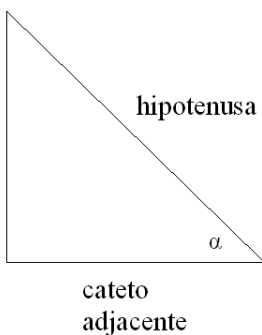
As funções trigonométricas no triângulo retângulo são:

a) Seno: é a razão entre o cateto oposto e a hipotenusa.



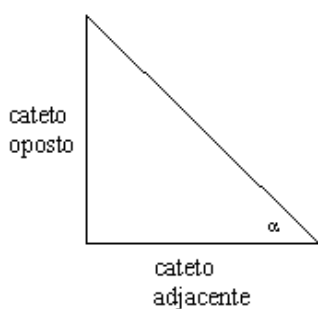
$$\text{sen } \alpha = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{hipotenusa}}$$

b) Cosseno: é a razão entre o cateto adjacente e a hipotenusa.



$$\cos \alpha = \frac{\text{cateto adjacente}}{\text{hipotenusa}}$$

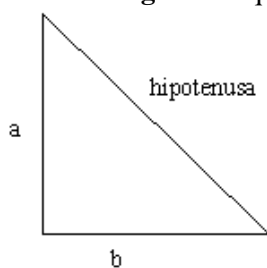
c) Tangente: é a razão entre o cateto oposto e o cateto adjacente.



$$\text{tg } \alpha = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{cateto adjacente}}$$

$$\text{tg } \alpha = \frac{\text{sen } \alpha}{\cos \alpha}$$

d) Teorema de Pitágoras: o quadrado da hipotenusa é igual à soma do quadrado dos catetos.

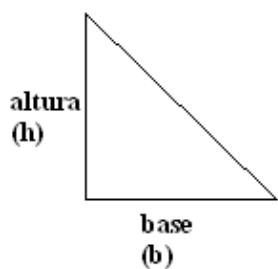


$$\text{hipotenusa}^2 = a^2 + b^2$$

3.2 Tipos de triângulo e cálculo de área

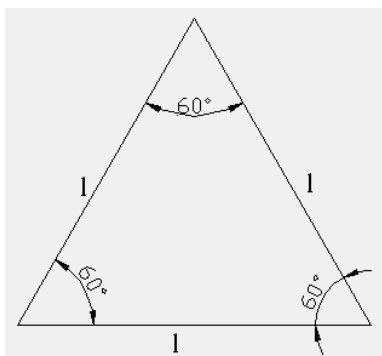
A soma dos ângulos internos em qualquer triângulo é igual a 180° . Existem basicamente quatro tipos de triângulo:

a) **Triângulo retângulo:** é o triângulo que possui um dos ângulos retos, isto é, igual a 90° .



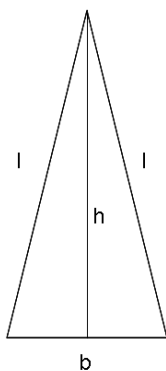
$$A = \frac{b \cdot h}{2}$$

b) **Triângulo equilátero:** é o triângulo que possui os três lados iguais, e os ângulos de 60° .



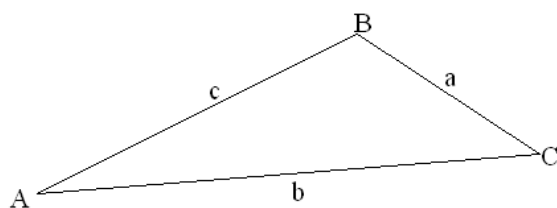
$$A = \frac{l^2 \cdot \sqrt{3}}{4}$$

c) **Triângulo isósceles:** é o triângulo que possui dois lados iguais.



$$A = b \cdot h$$

d) **Triângulo escaleno:** é o triângulo que possui os três lados diferentes entre si

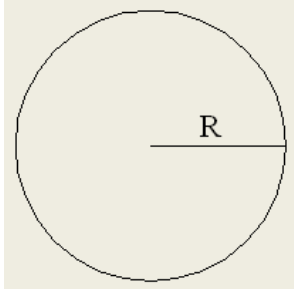


$$A = \sqrt{p \cdot (p - a) \cdot (p - b) \cdot (p - c)}$$

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

3.3 Circunferência: área e perímetro

Uma circunferência de raio (R) apresenta área (A) descrita pelas seguintes equações:



$$A = \pi \cdot R^2 \quad \text{ou} \quad A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Em que: D é o diâmetro da circunferência.

O perímetro (P) do círculo é descrito pela equação:

$$P = 2 \cdot \pi \cdot R \quad \text{ou}$$

$$P = \pi \cdot D$$

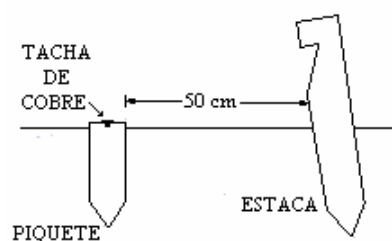
4 EQUIPAMENTOS TOPOGRÁFICOS

4.1 Piquetes

São pedaços de madeira de aproximadamente 20 cm de comprimento, de seção roliça ou quadrada (2,5 cm x 2,5 cm), que são cravados no terreno para demarcação de pontos ou estações de levantamento. Sobre o piquete é feita uma marca, um X, uma cruz (+) ou mesmo um ponto (●) com tacha de cobre ou pincel, onde durante o levantamento, é colocada a baliza ou mira, para registro de leituras de distâncias e ângulos.

4.2 Estacas

São pedaços de madeira, de 30 a 50 cm de comprimento, com numeração das estações de levantamento. As estacas são cravadas próximo aos piquetes, principalmente em locais de vegetação alta, possibilitando fácil identificação dos pontos no campo. Elas são consideradas verdadeiras testemunhas dos pontos da poligonal, caso a marcação do piquete desapareça.



4.3 Baliza

Consiste numa haste de ferro de 2 m de comprimento, dividida em seções de 0,5 m, geralmente rosqueáveis, e pintadas de vermelho e branco ou vermelho e amarelo, em cores alternadas. A baliza deverá ser retilínea, não permitindo defeitos que possam diminuir a precisão da leitura de ângulos horizontais. Toda visada deverá ser feita na parte inferior da baliza, para maior precisão. A baliza deverá ser obrigatoriamente colocada sobre o piquete, na marca nele existente, onde foi ou será ponto de referência para aprumar o aparelho. A baliza pode ter como acessório um nível de bolha, preso à haste, com o objetivo de mantê-la na posição vertical.



4.4 Mira falante ou estadia

É uma régua dividida em metros e centímetros, com destaque para as marcações de metros e de 10 em 10 cm, de cor preta e fundo branco ou amarelo claro. Geralmente apresenta 4,0 m de comprimento. A mira pode apresentar dobras ou encaixes, o que protege as numerações e as divisões pintadas, facilitando também o transporte, em se tratando do comprimento deste instrumento.

4.8 Nível de mangueira

Consiste numa mangueira transparente cheia de água (sem bolhas de ar), a qual tem suas extremidades fixadas sobre fita métrica, em ripas de madeira, que permite, em função do nível da água nas extremidades, medir a diferença de nível (DN) e a distância horizontal (DH) entre dois pontos.

O nível de mangueira é um equipamento de boa precisão. É utilizado no dia-a-dia de pequenos agricultores, pedreiros e técnicos em agropecuária, na medição de desnível de terrenos e locação de terraços, geralmente em pequenas áreas.



A leitura no nível de mangueira equivale à altura da água em seu interior.

Material necessário:

- 2 ripas retilíneas de 2 m de comprimento;
- 14 metros de mangueira transparente, de 1/2" de diâmetro;
- 2 fitas métricas de 150 cm;
- 6 presilhas ou braçadeiras para prender a mangueira às ripas;
- 12 parafusos rosqueáveis, curtos e finos;

Modo de fazer: Passe uma plaina nas ripas, eliminando as fendas e as quinas da madeira para não causar acidentes; prenda as fitas às ripas usando os parafusos; prenda a mangueira nas ripas de modo que ela fique ao lado da fita métrica para facilitar a leitura. Assim, estará pronto o nível de mangueira a um baixo custo.

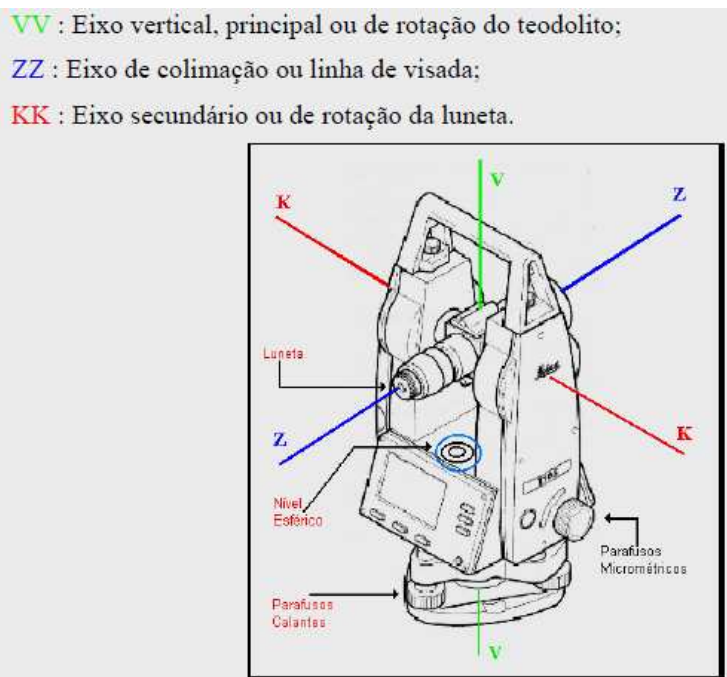
4.9 Nível óptico ou nível de precisão

Equipamento utilizado em trabalhos topográficos de determinação de cotas como: nivelamentos geométricos, locação de canais e terraços. Pode ser utilizado em medição de áreas, mas com pouca aplicabilidade (não medem os ângulos verticais), por isto não é possível visar grandes distâncias. O nível de precisão só tem movimento horizontal, o que limita sua utilização nos dias atuais.

4.10 Teodolito

Equipamento topográfico destinado à medição de ângulos horizontais e verticais, e cálculos de distâncias horizontais e verticais. É um aparelho de luneta com movimento basculante completo (com giro de

360°). Apresenta círculo vertical (limbo vertical) para a medida de ângulos de inclinação (ângulo vertical). Existem diversos modelos e marcas de teodolitos no mercado, com excelentes precisões e aplicabilidade nas ciências agrárias. Este aparelho não está sendo usado com tanta frequência, está perdendo espaço para os GPS - *Global Positioning System* (Sistema de Posição Global), devido à praticidade e principalmente à precisão quando utilizamos o GPS geodésico. Com o passar do tempo, o GPS poderá substituir completamente o teodolito, em medições que exijam precisão e georreferenciamento (coordenadas geográficas), o que está previsto em lei. Entretanto, o teodolito terá sempre o seu papel em medições de pequenas áreas e desníveis.



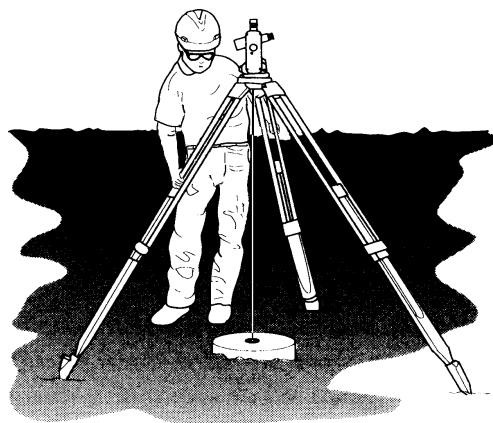
Como instalar um Teodolito

Passo 1: Coloque o tripé sobre o ponto desejado, ajustando-o à altura do observador que irá fazer as leituras na luneta. Duas pernas do tripé devem ficar do lado do observador.



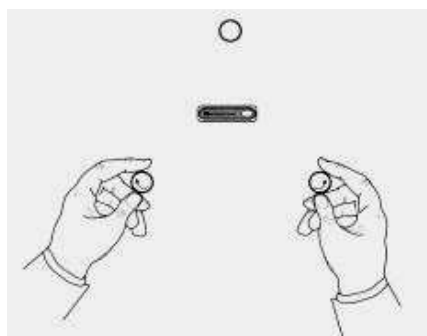
Passo 2: Coloque o equipamento (teodolito ou nível óptico) sobre o tripé, aperte o parafuso da base, ligue o prumo a laser, ou coloque o prumo manual e movimente o tripé até que o raio laser ou a ponta do prumo esteja sobre o ponto no piquete.

Passo 3: Faça o nivelamento do equipamento. Em seguida, certifique através do prumo se o aparelho continua exatamente sobre a marcação no piquete.

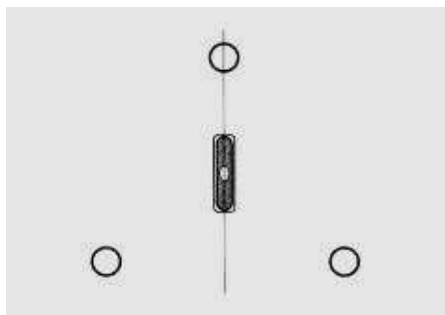


No caso do instrumento não possuir nível eletrônico, proceda da seguinte maneira:

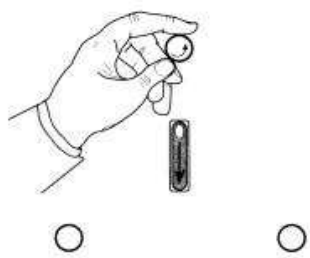
- a) Alinhe a base do instrumento de maneira que os parafusos calantes fiquem alinhados com a base do aparelho;
- b) Observe a localização da bolha e gire simultaneamente dois parafusos calantes para movimentar a bolha para o centro do nível. Gire no sentido horário para erguer e no sentido anti-horário para abaixar qualquer um dos três lados. Primeiramente, nivele o equipamento através do nível de bolha circular e, por último, através do nível tubular. Em teodolitos de duplo display, o nível tubular deve ficar do lado do observador



- c) Gire o equipamento até que a bolha fique alinhada com o terceiro parafuso calante.

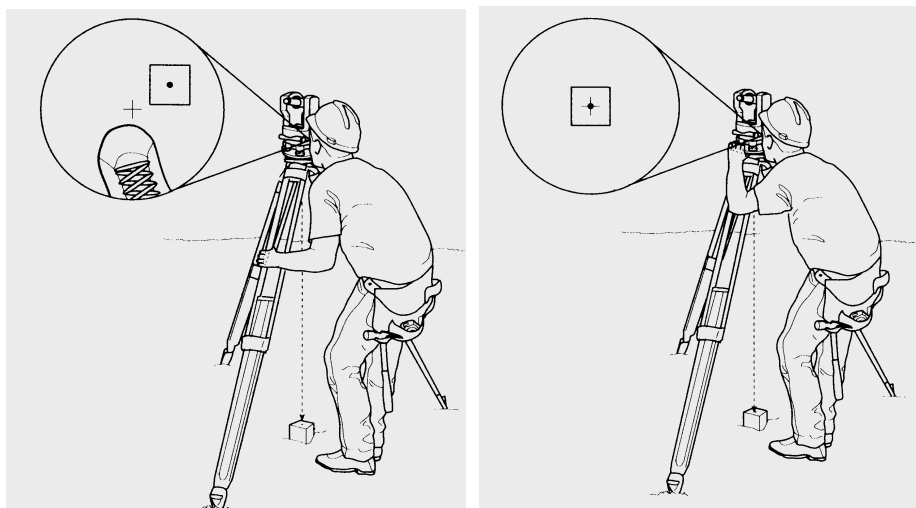


- d) Gire o terceiro parafuso calante para movimentar a bolha até que ela esteja localizada no centro do nível.



e) Com esse procedimento o instrumento deverá estar centrado sobre o ponto no piquete e nivelado. Isso, infelizmente nem sempre ocorre na primeira tentativa. Quando o equipamento estiver nivelado, o raio laser ou prumo poderá ter saído do ponto sobre o piquete. Se a distância entre o raio laser ou prumo e o ponto no piquete for relativamente grande, movimente o tripé e repita os passos anteriores. Se a distância for pequena, solte o parafuso de fixação e movimente o equipamento até que o raio laser ou prumo estejam novamente sobre o ponto no piquete.

É importante salientar que os procedimentos de instalação e regulagem são muitos parecidos em se tratando de um teodolito com prumo manual, a laser ou prumo óptico. A única diferença é que na instalação de um aparelho com prumo óptico, você terá que olhar numa luneta para verificar a posição do aparelho em relação ao piquete.



5 PLANIMETRIA

Planimetria é a parte da topografia encarregada das medições de áreas, fazendo sua projeção num plano horizontal de referência.

A medição de uma área é dividida em duas etapas: uma no campo, onde são mensurados todos os dados (ângulos e leituras nos fios estadimétricos), e outra no escritório, onde, a partir dos dados levantados no campo, são feitos os cálculos de distância e área, o desenho da planta topográfica e a confecção de documentos descritivos da área.

5.1 Fases do levantamento topográfico planimétrico

Chama-se levantamento topográfico o conjunto de operações no campo e no escritório, por meio de métodos e instrumentos próprios destinados à obtenção dos elementos necessários a representação geométrica de certa extensão de terreno, denominada superfície topográfica. Nos trabalhos de campo, os pontos do terreno, definidos pela medição de ângulos e alinhamentos, constituem os elementos básicos para a representação geométrica da área. No escritório, são feitos os cálculos necessários (de ângulos e distâncias), numericamente determinados no campo. Finalmente, executa-se o desenho (projeção horizontal da área mapeada), que pode ser em papel milimetrado, ou em programas computacionais (Auto Cad e Excel).

O levantamento topográfico consta de 4 fases:

- **Reconhecimento:** consiste em percorrer a região que será trabalhada, selecionando o ponto de partida e os principais vértices da poligonal básica do levantamento e providenciar os materiais necessários (piquetes e estacas).
- **Determinação do azimute:** consiste em determinar o norte, ou seja, é o ângulo entre o norte e o primeiro alinhamento da poligonal.
- **Levantamento da poligonal básica:** é a fase de campo propriamente dita, quando são registrados os dados numéricos em caderneta apropriada, denominada caderneta de campo, e faz-se um croqui do caminhar, anotando-se os detalhes.
- **Levantamento dos detalhes:** é realizado após o fechamento da poligonal básica. Consiste em obter uma série de poligonais abertas no interior da área levantada, partindo de vértices escolhidos no perímetro para obter dados que esclareçam os detalhes que se deseja representar na planta (casa, benfeitorias, estradas, córregos, árvores, rede elétrica, etc).

OBS: durante o levantamento topográfico, é importante ao anotar os dados e percorrer a área, fazer também um croqui da área. Isto facilita o trabalho de escritório, na elaboração do desenho, e auxilia em caso de erro(s) de leitura.

5.2 Métodos de medição de distância

Podemos utilizar no levantamento topográfico três métodos de medida de distância:

5.2.1 Medida direta de distância

Quando o instrumento de medida utilizado é aplicado diretamente sobre o terreno (**Ex:** trena ou diastímetro).

- **Trena:** pode ser de aço, fibra de vidro, plástico ou tecido. Contudo, deve ser construída de material resistente e enrolada em caixa especial, denominada estojo. A fita é dividida em cm e possui marcas especiais a cada intervalo de 1,0 m. Geralmente, as trenas possuem de 10 a 100 m.



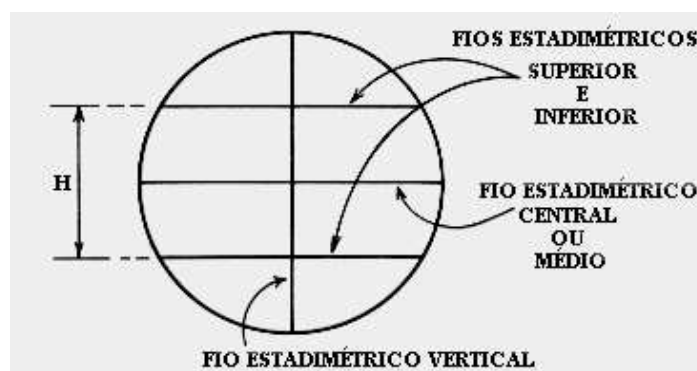
Trenas de plástico e de fibra de vidro

Precisão em medidas utilizando trenas:

Diastímetro	Precisão
Fita e trena de aço	1cm/100m
Trena plástica	5cm/100m
Trena de lona	25cm/100m

5.2.2 Medida indireta de distâncias

Quando estas distâncias são calculadas em função da medida de outras grandezas, não havendo, portanto, necessidade de percorrê-las para compará-las com a grandeza padrão. **Ex:** Estadimetria ou Taqueometria (teodolito e nível óptico).



Para calcular a distância horizontal, utiliza-se a seguinte equação:

$$DH = 100.(FS - FI).(\cos \alpha)^2$$

Onde:

DH: distância horizontal (m)

FS: fio superior (m)

FI: fio inferior (m)

α : diferença de 90° do ângulo vertical (em módulo), sendo este ângulo considerado em radiano no programa Excel.

5.2.3 Medida eletrônica de distância

Não pode ser considerado um método de medida direta, pois não necessita percorrer o alinhamento para obter a distância. Também não deve ser considerado um tipo de medida indireta, pois não envolve a leitura de réguas e cálculos posteriores para a obtenção das distâncias. Na verdade, durante uma medição eletrônica, o operador intervém muito pouco na obtenção das medidas, pois todas são obtidas automaticamente através de um simples pressionar de botão.

Há vários métodos e equipamentos de levantamento topográfico. A decisão ou escolha de um deles é função das dimensões da área e relevo da propriedade rural, ou ainda função da precisão exigida para o levantamento. Para levantamentos planimétricos é possível utilizar uma série de instrumentos, como: Trena, GPS, Níveis de Precisão, Estações Totais e o mais utilizado em nosso meio, o Teodolito, que apresenta vários modelos, desenvolvidos por fabricantes no mercado.

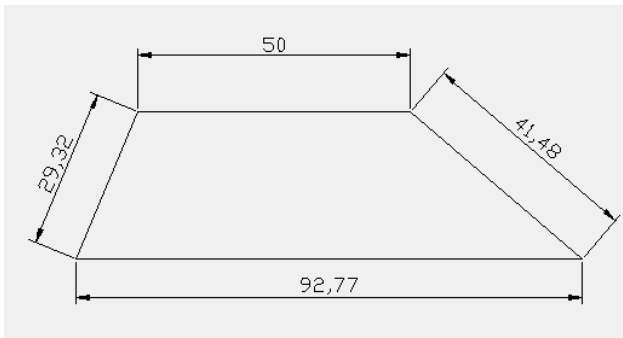
Para executar o levantamento topográfico de um terreno, é necessário utilizar métodos e instrumentos apropriados para que a forma e os detalhes planimétricos e altimétricos possam ser representados com maior precisão. Os pontos que representarão relevo e os que definirão no desenho, a planimetria do terreno, deverão ter a posição determinada no campo. A escolha e a quantidade desses pontos dependem não somente das condições topográficas do terreno, como também da escala adotada na planta topográfica.

5.3 Determinação de área utilizando trena

Em pequenas áreas, é possível realizar medições planimétricas utilizando a trena. Não é um procedimento de alta precisão, mas para determinadas situações pode ser utilizado, como: medição de pequenas áreas, divisão de piquetes e de área de hortaliças.

No levantamento de área com trena, devemos adotar uma série de procedimentos em campo. É necessário estaquear os vértices, aos percorrer a área medindo as distâncias dos alinhamentos.

Imagine uma área neste formato:



Para fazer o desenho e posterior cálculo de área de uma área com este formato, é necessário buscar mecanismos para calcular os quatro ângulos da figura, pois somente assim, será possível elaborarmos a planta topográfica ou desenho.

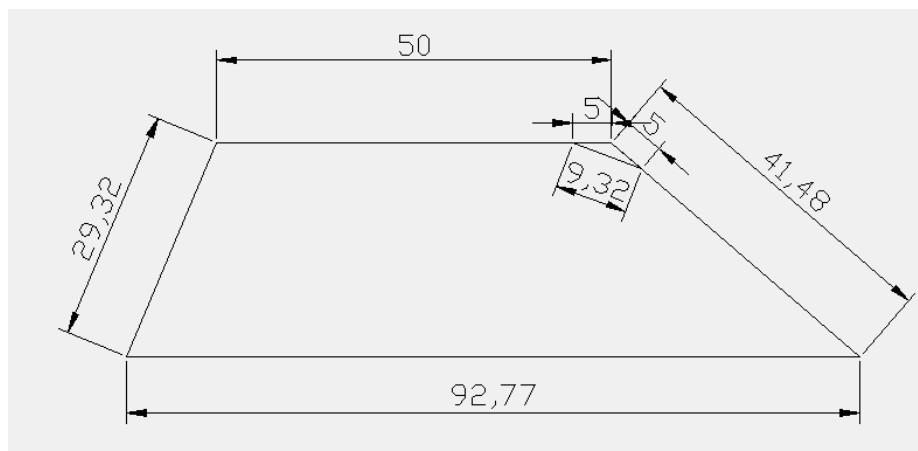
A determinação dos ângulos horizontais é feita através da Lei dos cossenos:

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos A$$

$$b^2 = a^2 + c^2 - 2ac \cos B$$

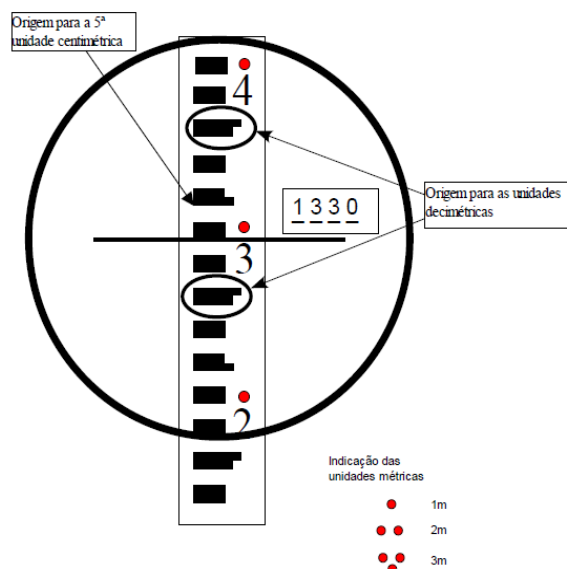
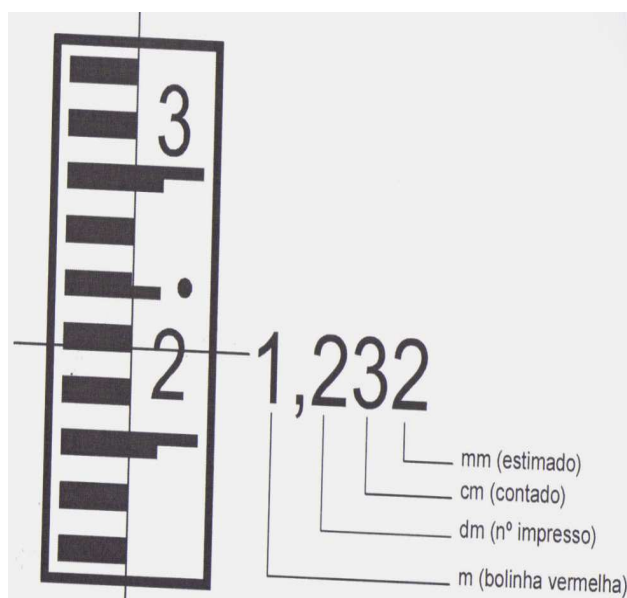
$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos C$$

Para cada vértice da área deve-se calcular o ângulo equivalente. Devemos proceder da seguinte forma: em cada vértice, marque com uma estaca, em ambos os alinhamentos, uma distância de 5 metros ou mais; em seguida, faça a medida da distância entre as estacas cravadas; por último, determine os ângulos nos vértices, através da Lei dos cossenos.



5.4 Principais métodos de levantamento topográfico usando teodolitos

Uma importante etapa dos levantamentos topográficos é a leitura na mira, onde pode ocasionar erros de leitura. Veja o esquema:

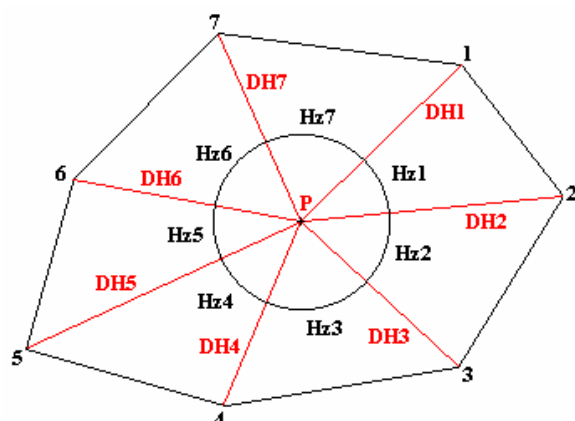


5.4.1 Levantamento por irradiação

Neste levantamento, os pontos dos vértices da poligonal são determinados a partir de um ponto. Este método é utilizado para levantamento de áreas pequenas, de maneira que, de um ponto escolhido no interior da área, possamos visar todos os pontos que compõem o perímetro e também os pontos característicos definidores da planimetria e altimetria do terreno. Assim, escolhido o ponto no interior da área, que servirá de sede da irradiação, instalamos nele o instrumento e, em seguida, escolhemos e piquetamos os demais pontos a serem levantados.

O processo de irradiação, somente em casos especiais de levantamento topográfico constitui por si só, um método de levantamento. Deve ser utilizado como um método auxiliar do caminhamento, para levantamento de detalhes, tais como: rios sinuosos, caminhos, estradas, árvores, casas, rede elétrica.

Este método de levantamento funciona relativamente bem para pequenas áreas, mas tem o inconveniente de não se poder calcular o erro que ocorreu no levantamento.



5.4.2 Levantamento por caminhamento

Consiste em percorrer uma série de alinhamentos, cujos comprimentos são medidos, ligados por ângulos que também são determinados. O levantamento de uma área de terreno é feito pelo caminhamento de uma poligonal fechada, constituindo-se na poligonal básica do levantamento. Os vértices e os lados da

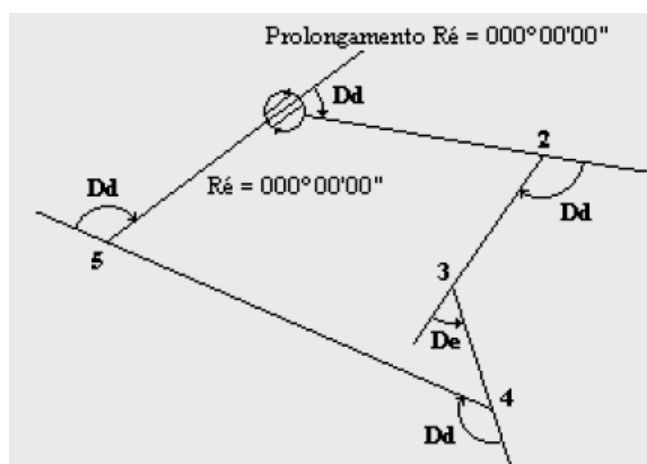
poligonal são utilizados para levantamento dos acidentes topográficos que existem em suas imediações, através de métodos auxiliares de irradiação, interseção e coordenadas.

Ao proceder-se o levantamento de uma poligonal, podemos medir, conforme a natureza dos instrumentos, os azimutes, rumos, ângulos de deflexão e ângulos internos ou externos da poligonal. Os alinhamentos poderão ser determinados por processos de medição direta¹ ou indireta² das distâncias.

O método de levantamento por caminhamento é caracterizado pela natureza do ângulo que se mede.

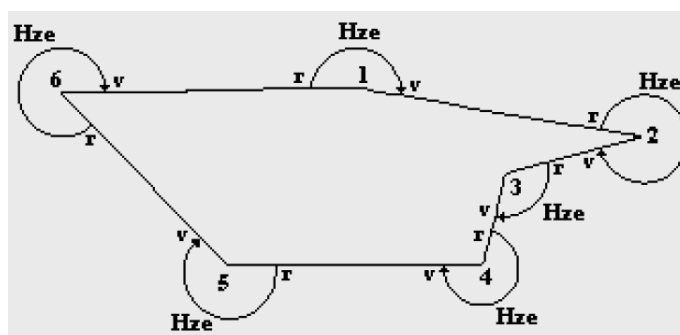
a) Caminhamento pelos ângulos de deflexões

A *deflexão* é o *ângulo horizontal* que o alinhamento à vante forma com o prolongamento do alinhamento à ré, para um aparelho estacionado, nivelado e centrado com perfeição, em um determinado ponto de uma poligonal. Este ângulo varia de 0° a 180° . Pode ser *positivo*, ou *à direita*, se o sentido de giro for *horário*; *negativo*, ou *à esquerda*, se o sentido de giro for *anti-horário*.



b) Caminhamento pelos ângulos externos

Para a medida de um *ângulo horizontal externo* a dois alinhamentos consecutivos de uma poligonal fechada, o aparelho deve ser estacionado, nivelado e centrado com perfeição, sobre um dos pontos que a definem (o prolongamento do eixo principal do aparelho deve coincidir com a marcação sobre o piquete).



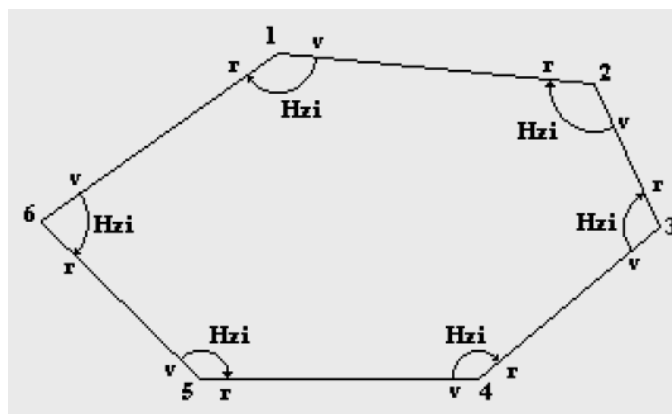
¹ Medidas diretas: quando na medição do alinhamento, a área é percorrida e o resultado é obtido de forma direta, sem a realização de cálculos. Ex: trena, passos, fita métrica, nível de mangueira.

² Medidas indiretas: quando não há necessidade de percorrer o alinhamento para determinar sua distância. Ex: teodolito, nível de precisão.

c) Caminhamento pelos ângulos internos (o mais utilizado)

Consiste em fazer o levantamento planimétrico da área, marcando os ângulos internos da poligonal entre dois alinhamentos.

Para a medida de um *ângulo horizontal interno* a dois alinhamentos consecutivos de uma poligonal fechada, o aparelho deve ser estacionado, nivelado e centrado com perfeição, sobre um dos pontos que a definem (o prolongamento do eixo principal do aparelho deve coincidir com a marcação sobre o piquete).



Podemos também fazer o caminhamento na área no sentido anti-horário e fazer as visadas de ré e vante, ao contrário do que apresenta a figura.

OBS.: para fazer levantamento topográfico de áreas maiores, utiliza-se principalmente o levantamento por caminhamento, marcando-se os ângulos internos no sentido horário. A área pode ser percorrida tanto no sentido horário ou anti-horário, complementando os trabalhos com levantamentos por irradiação dos detalhes.

Cálculos das distâncias horizontais (DH) através dos dados da caderneta de campo: para fazer este cálculo, utiliza-se uma forma básica, que é utilizada para calcular distâncias de forma indireta, tanto em teodolitos como níveis de precisão.

Fórmula para calcular o comprimento dos alinhamentos:

$$DH = 100.(FS - FI).(\cos \alpha)^2$$

Onde:

DH: distância horizontal (m)

FS: fio superior (m)

FI: fio inferior (m)

α : diferença de 90° do ângulo vertical (em módulo)

Para transformar de graus, minutos e segundos em graus decimais, proceder da seguinte forma:

Ex: $84^{\circ}10'20'' = 84 + 10/60 + 20/3600 = 84,172222^{\circ}$

LEVANTAMENTO PLANIMÉTRICO POR CAMINHAMENTO PELOS ÂNGULOS INTERNOS

Local: Instituto Federal Goiano

Estaca	FI	FM	FS	Âng. Horiz. (AH)	Âng. Vert. (AV)			Diferença de 90°	Azimute	Distância
					Grau	Min.	Seg.			
0	1,000	1,275	1,550		84	10	20	5,8278	229°50'20"	54,43
1	1,000	1,360	1,720	92°27'50"	90	22	30	0,3750		72,00
2	1,000	1,330	1,660	273°13'00"	85	15	30	4,7417		65,55
3	1,000	1,572	2,144	87°24'20"	89	44	20	0,2611		114,40
4	1,000	1,520	2,040	127°13'50"	93	0	50	3,0139		103,71
5	1,000	1,200	1,400	102°10'30"	93	36	10	3,6028		39,84
6	2,000	2,410	2,820	132°14'20"	89	54	30	0,0917		82,00
7	1,000	1,710	2,420	180°36'40"	90	48	10	0,8028		141,97
8	1,000	1,620	2,240	84°35'50"	90	20	15	0,3375		124,00
				Soma = 1079°56'20"						

Soma dos ângulos internos:

$S_i = 180 \cdot (n-2)$ Onde: n é o número de lados da poligonal

$S_i = 180 \cdot (8-2)$

$S_i = 1080^\circ$

Erro obtido:

$E = S_i - Soma$

$E = 1080^\circ - 1079^\circ 56' 20''$

$E = 3' 40''$

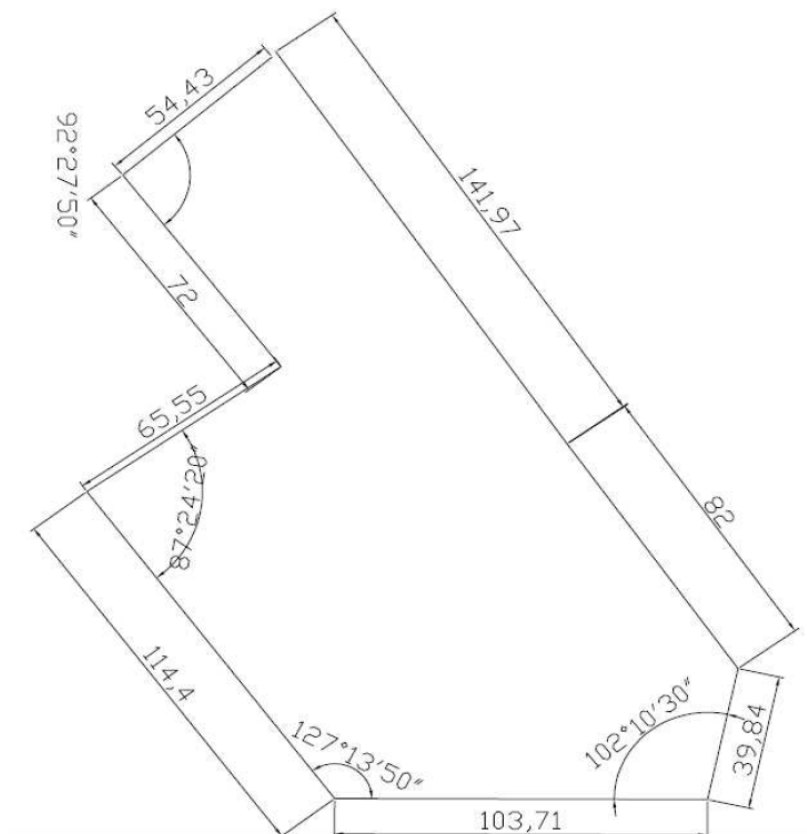
Erro permitido:

$$e = 3' \cdot \sqrt{n}$$

$e = 8,49$ minutos

Como $E < e$, o levantamento está numa faixa de erro aceitável, sendo necessário distribuir o erro de 3'40" entre todos os ângulos da poligonal. Deverá acrescentar 27,5" em cada ângulo da poligonal.

MAPA PLANIMÉTRICO



LEVANTAMENTO POR CAMINHAMENTO PELOS ÂNGULOS INTERNOS

Poligonal da Fruticultura do IFGoiano - Campus Urutaí

				Âng. Horiz. (AH)			Âng. Vert. (AV)					DH (m)	Observações	
Estaca	FI	FM	FS	Grau	Min.	Seg.	Grau	Min.	Seg.	Grau	Dif. de 90º			
1	0,160	0,272	0,384	105	20	0	90	0	0	90,000	0,000	22,400	Instalado na estaca 1, zerado na estaca 19 e leitura na estaca 2	
2	0,320	0,455	0,590	180	10	0	90	0	0	90,000	0,000	27,000		
3	0,148	0,374	0,600	181	0	0	90	0	0	90,000	0,000	45,200		
4	0,020	0,183	0,345	180	30	0	90	0	0	90,000	0,000	32,500		
5	0,055	0,255	0,455	180	30	0	90	0	0	90,000	0,000	40,000		
6	0,020	0,124	0,228	180	30	0	90	0	0	90,000	0,000	20,800		
7	0,108	0,189	0,269	180	0	0	90	0	0	90,000	0,000	16,100	Detalhes (viveiro, caixa d'água, casa)	
8	0,348	0,426	0,503	179	30	0	90	0	0	90,000	0,000	15,500		
9	0,778	0,934	1,090	161	30	0	93	0	0	93,000	3,000	31,115		
10	2,990	3,455	3,920	151	36	0	91	40	0	91,667	1,667	92,921		
11	1,192	1,518	1,844	95	20	0	86	30	0	86,500	3,500	64,957	Detalhes (casinha de bomba e caixa d'água do sistema de irrigação)	
12	2,790	2,905	3,020	179	0	0	88	0	0	88,000	2,000	22,972		
13	1,464	1,972	2,480	98	0	0	90	10	0	90,167	0,167	101,599		
14	1,570	1,666	1,762	183	0	0	90	20	0	90,333	0,333	19,199		
15	1,280	1,502	1,723	186	50	0	90	30	0	90,500	0,500	44,297		
16	1,020	1,132	1,243	178	40	0	90	200	0	93,333	3,333	22,225		
17	1,000	1,148	1,296	181	27	0	90	0	0	90,000	0,000	29,600		
18	1,000	1,379	1,758	194	30	0	90	0	0	90,000	0,000	75,800		
19	1,000	1,148	1,295	82	30	0	90	0	0	90,000	0,000	29,500		
Soma =				3059º	53'	00"								
				3059,88333333										

Soma dos ângulos internos:

$S_i = 180 \cdot (n-2)$ Onde: n é o número de lados da poligonal

$S_i = 180 \cdot (19-2)$

$S_i = 3060^\circ$

Erro permitido:

$$e = 3' \cdot \sqrt{n}$$

$$e = 3' \cdot \sqrt{19}$$

$$e = 13,077$$

$$e = 13' 4,6''$$

Erro obtido:

$$E = S_i - Soma$$

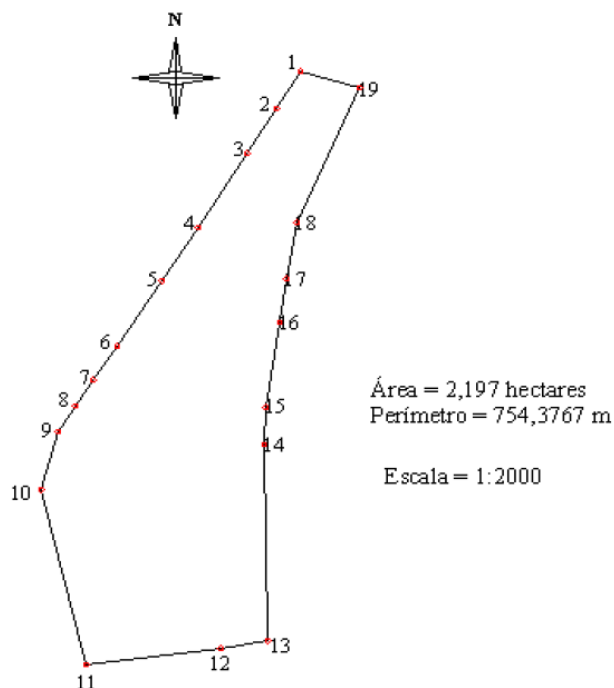
$$E = 3060^\circ - 3059^\circ 53' 00''$$

$$E = 7' \quad \circ$$

Como $E < e$, o levantamento está numa faixa de erro aceitável, sendo necessário distribuir o erro de 7' entre todos os ângulos da poligonal.

Deverá acrescentar 22,1" em cada ângulo da poligonal.

POLIGONAL DA FRUTICULTURA



5.5 Erros em levantamentos topográficos

Na execução de levantamentos topográficos, estamos sempre sujeitos a cometermos diversos tipos de erros, qualquer que seja o método de medição adotado, tanto das distâncias como dos ângulos. Oficialmente, existem valores pré-definidos de tolerância de erros (dentro das quais podemos compensar os erros verificados). Apesar dos instrumentos atuais serem extremamente sofisticados, verifica-se variações nos resultados obtidos (mínimas, milimétricas, mas apresentam).

Assim, a preocupação do topógrafo ou agrimensor não será eliminar por completo a probabilidade de erro, mas trabalhar com cuidado para se manter dentro da margem de erro aceitável. Para tanto, conheceremos primeiramente os principais tipos de erros, para nos precavermos quanto aos mais comprometedores.

Os tipos mais comuns de erros são:

a) Acidentais: erros decorrentes de condições atmosféricas adversas excesso de insolação e calor, ventos, refração do ar, neblina, má visibilidade, etc) ou mesmo imperícia do executante. São caracterizados por uma variação não constante (às vezes resultados a mais, outras vezes, a menos do que o real) e não são pré-determináveis, isto é, não podemos saber antecipadamente a extensão do erro e, portanto, não é possível criarmos uma constante de correção deste tipo de erro.

b) Grosseiros: erros de fonte pessoal, normalmente ocasionados por distração ou falta de domínio do operador, caracterizados pela grande discrepância entre o resultado de um trabalho bem conduzido e o trabalho onde os mesmos ocorreram.

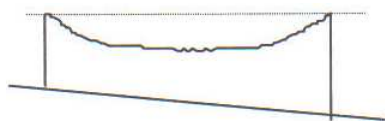
c) Sistemáticos: Erros decorrentes de imperfeições dos instrumentos usados (empenamentos, desregulagens, descentralização do retículo, trenas dilatadas, etc). São caracterizados pela repetição sistemática (ou seja, constante e idêntica) ainda que se repita várias vezes a mesma operação.

Vamos estudar mais detalhadamente alguns destes erros:

5.5.1 Erros acidentais mais comuns

Tensão : Erro sujeito a ocorrer com trenas flexíveis, quando aplicamos sobre elas força demasiada ("puxamos demais"), provocando um esticamento nestas, acarretando uma diminuição do valor medido, em relação ao seu tamanho real.

Catenária : Erro que também ocorre com os diastímetros. Ao contrário da tensão, caracteriza-se pela aplicação de força insuficiente para manter a horizontalidade do diastímetro, provocando a formação de um "colo" ou "barriga" ao longo do mesmo, acarretando um aumento da distância medida, em relação ao valor real desta. Esta variação é proporcional ao comprimento usado do diastímetro.



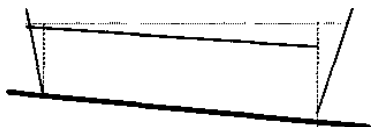
Desvio no sentido horizontal:

Erro decorrente da falta de horizontalidade do diastímetro. Também aumenta o valor das medidas.



Desvio no sentido vertical:

Pode ocorrer com a mira-falante ou com as balizas, as quais, ao invés de operarem aprumadas, ficam inclinadas, provocando diferenças nas medições.

**Erro de alinhamento:**

Desvios laterais ocorridos no traçado de alinhamentos, quando o "alizador sai dos mesmos.

Segundo o CREA (Conselho Regional de Engenharia, Agronomia e arquitetura), os limites toleráveis de erro são:

- 1 m/Km - para terrenos planos
- 2 m/Km - para terrenos semi-planos
- 3 m/Km - para terrenos acidentados

5.5.2 Erros grosseiros mais comuns

Os erros grosseiros são mais perigosos, pois como já dissemos, nos trabalhos onde os mesmos se verificam, normalmente há uma discrepância muito grande de valores.

É um tipo de erro muito frequente e os principais são:

Erro de estacionamento - Ocorre quando o instrumento não é centrado, isto é não se situa exatamente sobre o ponto topográfico, ficando deslocado para um lado.

Cuidado necessário: Ao se instalar o instrumento, centrá-lo imediatamente, deixá-lo calado e pronto para operar.

Erro de calagem - Ocorre quando, por um motivo qualquer, o instrumento sai do nível.

Cuidado necessário : Nunca fazer a visada de ré sem verificar se o instrumento está perfeitamente centrado, nivelado e zerado (zero do limbo horizontal na origem). Fazer imediatamente a visada a vante.

Erro de visada - Muitas vezes o balizeiro apruma a baliza fora do ponto topográfico (às vezes até fora do piquete), fazendo com que a visada fique fora do ponto.

Cuidado necessário: Empregar somente trabalhadores de confiança, de preferência, treinar uma equipe.

Erro de ajustagem do zero do limbo horizontal - Às vezes, por fadiga, distração ou más condições de trabalho, quando vamos zerar o instrumento, podemos colocar na origem não o zero, mas o 1° ou o 10° , por exemplo. É um tipo de erro muito sutil e frequente. Provoca grande variação no fechamento angular.

Cuidado necessário : Nunca fazer a visada de ré sem verificar se o zero está perfeitamente na origem.

Erro de leitura de ângulos - Pelas mesmas causas anteriormente citadas, o operador pode ler errado o ângulo medido.

Os erros na leitura de ângulos são ocasionados por:

- Verticalidade da baliza e da mira
- Erro linear de centragem do teodolito
- Erro de calagem ou nivelamento do teodolito

Cuidado necessário : Depois de ler o ângulo e anotá-lo relê-lo a fim de confirmar se a leitura foi correta. A leitura do azimute magnético pode ajudar no controle deste erro, entretanto, a bússola sofre perturbações decorrente da proximidade de metais, podendo haver discrepâncias entre os valores angulares.

Erro grosseiro na medida de ângulos - Como já foi dito, a leitura dos azimutes pode ajudar no controle de erros angulares, entretanto, esta leitura é trabalhosa. Porém, às vezes o operador fez tudo aparentemente certo, refez a leitura e mesmo assim houve erro. Motivo: pode ocorrer casos em que, distraidamente, o operador, intentando mover o parafuso tangencial do alidade, move o tangencial do limbo (ou vice-versa, dependendo, do caso), alterando todos os valores.

Cuidado necessário : trabalhar com atenção total, sobretudo quando se lida com instrumentos em que estes parafusos se localizam muito próximos.

Erro de leitura de mira - Como já dissemos, a leitura da mira é um processo muito delicado e se "ao aplicarmos os cuidados que são recomendados, tornar-se-á um pouco difícil detectarmos este erro, no qual é muito susceptível de se incorrer, sobretudo quando principiamos a trabalhar com topografia de campo. Neste caso, recomenda-se inclusive a trabalhar fazendo para um mesmo alinhamento duas leituras: uma a vante e outra a ré ou então a fazer sempre duas leituras visando pontos diferentes na mira (a maioria dos topógrafos coloca sempre um dos fios num valor inteiro da mira, agilizando assim as leituras).

Nunca se deve usar a mira sem o nível de cantoneira afixado em local próprio, nem é recomendável fazer visadas a uma distância superior a 150 metros, embora teoricamente seja possível se fazer visadas de até 300 ou 400 metros, conforme a mira utilizada. Usar artifícios para fazer visadas maiores do que a capacidade da mira é totalmente condenável.

É também recomendável efetuar-se as visadas a uma distância de pelo menos 0,80m (acima) do nível do solo, para minimizar os efeitos da refração atmosférica e da paralaxe, que é muito maior mais próxima do solo.

A leitura de mira exige realmente muito cuidado, a fim de que não sejam levados valores errados para o escritório. De imediato, para evitar isto, é necessário saber uma fórmula que possibilita a conferência simples da leitura dos fios estadimétricos:

$$FM = \frac{FS + FI}{2}$$

2

A diferença entre o FM lido e o FM calculado não pode ser superior a 1 mm para cada 100 metros de distância.

Os erros na leitura na régua ou mira falante são ocasionados por:

- Pela distância entre o teodolito e a régua;
- Pela falta de capacidade de aproximação da luneta;
- Pela espessura dos traços do retículo;
- Pelo meio ambiente (refração atmosférica, ventos, má iluminação);
- Pela maneira de como a régua esta dividida e pela variação do seu comprimento;
- Pela falta de experiência do operador.

- Leitura incorreta dos ângulos

Erro na sequência de numeração dos piquetes - Outro fator capaz de gerar muita confusão é o topógrafo errar na numeração dos piquetes, o que às vezes acontece, principalmente quando se *fixa* para fazer a numeração diretamente, no campo.

Cuidado necessário: Preparar o numerar previamente as testemunhas estacas) e fincá-las ao lado dos piquetes, conferindo a ordem.

5.5.3 Erros sistemáticos mais comuns

Não nos distenderemos no estudo destes erros, por se tratar de problemas instrumentais de difícil ocorrência nos instrumentos mais modernos e exigirem a atuação de oficinas especializadas.

Recomenda-se levar periodicamente os instrumentos para eventuais regulagens e retificações, num programa de regular de manutenção.

Chamamos apenas a atenção para o caso de diastímetros dilatados ou mesmo menores do que os tamanhos reais que deveriam ter que acarretam erros sistemáticos acumulativos e exigem a correção do erro, normalmente nas medições de alta precisão, onde se necessita aferir o diastímetro, somar a diferença verificada, se o mesmo for maior que deveria ser (ex.: ao invés de 30,00 tiver 30,06 metros) ou subtrair a diferença, se o mesmo for menor que deveria ser.

Esta operação pode ser feita através de regra de três simples. Ex.:

Comprimento do diastímetro: 30,06m

Comprimento que deveria ser: 30,00m

Diferença: 0,06 m (a mais - será somada)

Distância medida (com o diastímetro dilatado): 290,70 m

0,06 ----- 30,00 m

x ----- 290,70 m

x = 0,58 m (esta é a diferença a ser somada)

Logo, a distância real é: 290,70 m + 0,58 m = 291,28 m.

5.6 Erro máximo permitido

Quase sempre em levantamentos topográficos acontecem erros. Estes erros se manifestam quando o somatório dos ângulos internos da poligonal da planta topográfica é diferente da somatório (S_i), calculado pela equação:

$$S_i = 180 \cdot (n - 2)$$

Em que: n é o número de lados da poligonal.

Quando o somatório dos ângulos obtidos com o equipamento de medição (teodolito), é diferente de S_i , significa que ocorreu algum erro no levantamento (**no escritório ou em campo**). Os erros maiores ocorrem na

marcação dos ângulos entre um alinhamento e outro. Consequentemente, no fechamento do desenho da poligonal, o último ângulo fica maior ou menor do que o necessário e a poligonal não fecha, o que caracteriza o erro.

O erro máximo permitido (e) é calculado em função do número de lados da poligonal. Ou seja, para cada planta topográfica, há um erro máximo permitido. Primeiramente, calcula-se o somatório dos ângulos internos da poligonal (Σi), somam-se os ângulos obtidos no campo (S) com o teodolito. A diferença $\Sigma i - S$ é o erro obtido (veja o esquema).

Agora faça a diferença para saber o erro que ocorreu (erro obtido):

$$E = \Sigma i - S$$

$$E = ?$$

Após calculado o erro de campo (S), calcula-se o erro máximo permitido para o seu desenho.

Erro máximo permitido:

$$e = 3' \cdot n^{\frac{1}{2}}$$

n - É o número de lados da poligonal

- Se o erro obtido no campo for maior do que o erro máximo permitido para o levantamento, deve-se fazer um novo levantamento, ou seja, uma nova poligonal.
- Se o erro obtido no campo for menor que o erro permitido para o levantamento, o topógrafo deve fazer a distribuição deste erro para todos os ângulos internos da poligonal.

5.7 Cálculos da Área

Quando a área é desenhada por um programa específico de computador (AutoCAD), ele nos indica o levantamento. Quando a planta topográfica (mapa) é feita manualmente, utiliza-se um instrumento chamado planímetro, para calcular a área.

Caso tenha dois lados dos triângulos e um ângulo (no caso de levantamento por irradiação), o lado oposto ao ângulo é calculado pela Lei dos cossenos:

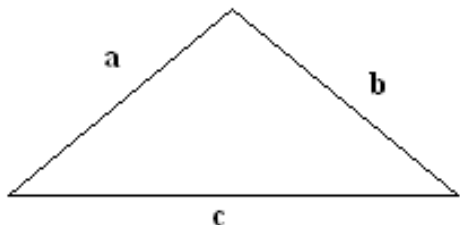
$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos \hat{A}$$

$$b^2 = a^2 + c^2 - 2ac \cos B$$

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos C$$

Caso não tenha este instrumento, calcula-se a área do levantamento, dividindo-se ela em um menor número de triângulos possíveis. A área da gleba será a soma da área de cada triângulo. Para calcularmos a área de um triângulo qualquer (escaleno), usamos a seguinte equação:

$$A = \sqrt{p \cdot (p - a) \cdot (p - b) \cdot (p - c)} \text{ , onde: } p = \frac{a + b + c}{2}$$



Onde:

p: é o semiperímetro

a,b,c: são os lados do triângulo (m)

Após calcular a área em metros quadrados, para transformar em hectares, basta dividir por 10000, pois 1,0 ha equivale 10000 m².

6 ALTIMETRIA

A Altimetria ou Hipsometria tem por finalidade a medida da diferença de nível entre dois ou mais pontos no terreno. Através da altimetria, pode-se, portanto, estudar o relevo do terreno. Chama-se nivelamento a operação realizada para determinar essas diferenças de nível (DN). Para determinar DN, utiliza-se uma série de instrumentos de campo, como: nível de mangueira, nível de forquilha, teodolitos, Estações totais e níveis ópticos de precisão.

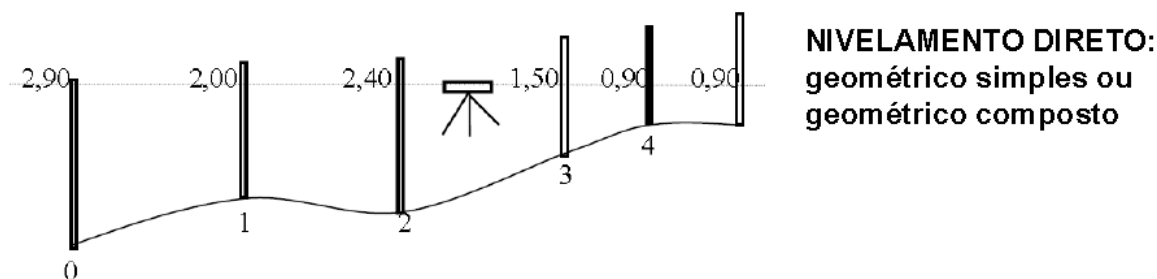
Referência de nível: qualquer medida realizada deve ser referenciada a uma superfície de comparação, no caso, denominada referência de nível (RN). Esta referência pode ser a cota de uma superfície qualquer ou o nível médio do mar.

Altitudes e cotas: quando a diferença de nível é referida a uma superfície qualquer, recebe o nome de cota. Quando a superfície média do mar é a referência, a diferença de nível recebe o nome de altitude.

Nível aparente e nível real: quando a referência de nível é uma superfície qualquer, diz-se que o nível é aparente. O nível é dito verdadeiro quando o nível médio do mar é a referência (altitude).

6.1 Principais métodos de nivelamento

Nivelamento é a operação topográfica de medição da diferença de nível entre dois ou mais pontos. Ele pode ser direto ou indireto.

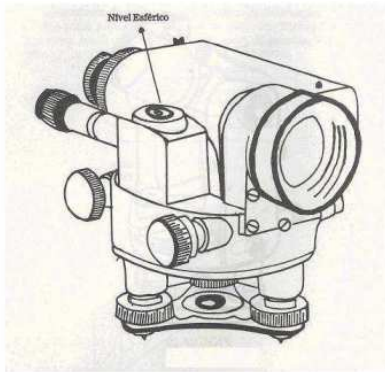


NIVELAMENTO INDIRETO:
trigonométrico, estadimétrico,
barométrico.

$$DI^2 = DV^2 + DH^2$$

6.1.1 Nivelamento direto

a) **Nivelamento geométrico simples:** o instrumento é instalado em apenas uma posição no terreno. Como instrumentos podem ser utilizados, o nível óptico, o teodolito com a luneta na horizontal (ângulo vertical = 90°) e o nível de mangueira.



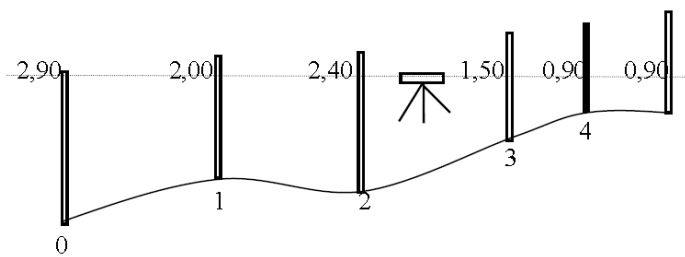
Instrumentos utilizados:

➤ Nível óptico

➤ Teodolito com ângulo vertical = 90°



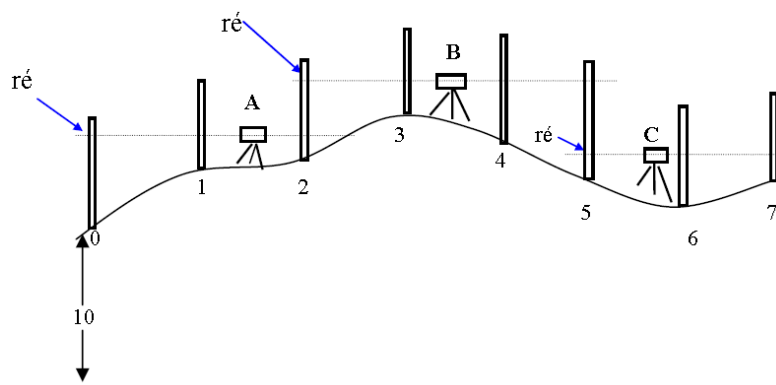
A figura a seguir, apresenta um nivelamento geométrico simples, realizado por meio de nível óptico:



Caderneta de Campo

EST	LEIT MIRA	DIF. NÍVEL		COTA	OBS
		+	-		
0	2,90	-	-	20,00	estacas a
1	2,00	0,90		20,90	cada 10m
2	2,40	0,50		20,50	
3	1,50	1,40		21,40	
4	0,90	2,00		22,00	
	0,90	2,00		22,00	

b) Nivelamento geométrico composto: é uma sucessão de nivelamentos geométricos simples, interligados por estacas de mudança. Nesse nivelamento são feitas leituras de ré e de vante.



- **Leitura de Ré:** é a primeira visada que se faz após a instalação do equipamento (nível ou teodolito)
- **Leitura de vante:** são todas as visadas que se fazem após a visada de ré, estando o equipamento na mesma estação (piquete).

O nivelamento geométrico composto é utilizado em terrenos com $DN > 4,0$ m (comprimento da mira falante).

Exemplo de nivelamento geométrico composto:

Caderneta de Campo

EST	Ponto Visado	VISADAS		PLANO VISADA	COTAS	OBS.
		RÉ	VANTE			
A	0	2,10		12,10	10,00	estacas a cada 20m
	1		0,80		11,30	
	2		0,70		11,40	
B	2	2,00		13,40	11,40	
	3		1,00		12,40	
	4		1,50		11,90	
	5		2,40		11,00	
C	5	0,60		11,60	11,00	
	6		1,20		10,40	
	7		0,70		10,90	

Verificação de erros nos cálculos das cotas

$$\Sigma \text{ RÉ} - \Sigma \text{ VANTE p.d.} = \text{Dn}_{\text{TOTAL}}$$

$$(2,10+2,00+0,60) - (0,70+2,40+0,70) = (10,90-10,00)$$

$$4,70 - 3,80 = 0,90$$

CADERNETA: Nivelamento Geométrico Composto

[illegible]

$$\text{Plano de Visada} = \text{Cota} + \text{Ré}$$

Cota = Plano de Visada - Vante

$$DN_{\text{Nivelamento}} = \sum \text{Ré} - \sum \text{Vante}_{\text{pontos de mudança}}$$

Equipamentos utilizados no nivelamento geométrico

a) Nível de mangueira: a determinação do desnível utilizando um nível de mangueira é uma operação bastante simples. Basta percorrer a área ou seção anotando as diferenças de altura entre as pontas da mangueira, e no final somar estas diferenças. O resultado da soma das diferenças equivale ao desnível da seção considerada.

A declividade (percentagem de rampa) é a relação entre as distâncias vertical e horizontal:

$$D = \frac{DN}{DH} \cdot 100$$

Onde:

D - Declividade (%)

DN – Diferença de nível (desnível)

DH - Distância horizontal

Caderneta de campo - Desnível com nível de mangueira

Medida 1	Medida 2	Diferença
Diferença de Nível (DN):		

b) Nível óptico de precisão: são instrumentos de boa precisão e fáceis de serem utilizados a benefício da agricultura. Para obter o desnível de um determinado lugar, deve-se operar por meio de visadas horizontais. Para uma precisão elevada pode-se adaptar um nível circular na mira, para garantir uma perfeita verticalização. O nivelamento pode ser simples ou composto. É o nivelamento realizado com o nível óptico de precisão é denominado nivelamento geométrico

Nivelamento simples: a diferença de nível entre dois ou mais pontos é obtida colocando-se o aparelho numa posição tal, que seja possível visar a mira colocada sobre eles. Neste caso o aparelho é instalado numa única posição, não sendo necessária sua mudança de posição. Normalmente as diferenças de nível nos nivelamentos simples são obtidas por diferenças de leituras na mira, embora possam ser medidas por diferenças de cotas, conforme seguinte exemplo de caderneta de campo:

Caderneta de campo - Nivelamento simples utilizando cotas.

Estaca	Ré	PV	Vante	Cotas
1	1,20	11,20	-	10,0
2	-	-	0,9	10,30
3	-	-	0,7	10,50
4	-	-	0,3	10,90

5	-	-	0,1	11,10
6	-	-	1,8	9,40
-	-	-	-	-

Obs.: Os números em destaque foram calculados, e os demais foram obtidos em campo. A cota inicial é adotada. PV significa plano de visada.

Equações de cálculo destes dados:

$$PV = COTA + RÉ$$

$$COTA = PV - VANTE$$

No caso anterior, temos uma diferença de nível (DN) = $10 - 9,40 = 0,6$ m.

Nivelamento composto: quando o desnível é superior à altura da mira (4,0 m) haverá necessidade de mudança do aparelho, numa sucessão de nivelamentos geométricos simples. A diferença de nível é calculada por diferenças de cotas (caderneta de campo).

Caderneta de campo - Nivelamento composto utilizando cotas.

Estaca	RE	PV	PI	PM	COTA
0	2,00	12,00	-	-	10,00
1	3,50	15,00	-	0,50	11,50
2	-	-	1,50	-	13,50
3	2,00	16,00	-	1,00	14,00
4	-	-	0,30	-	15,70

Vante

Obs.: os números em destaque foram calculados, o restante foi obtido em campo. A cota inicial é adotada. PV significa Plano de Visada, PI é ponto intermediário, e PM são os pontos de mudança.

No caso anterior temos uma diferença de nível (DN) = $15,7 - 10 = 5,7$ m

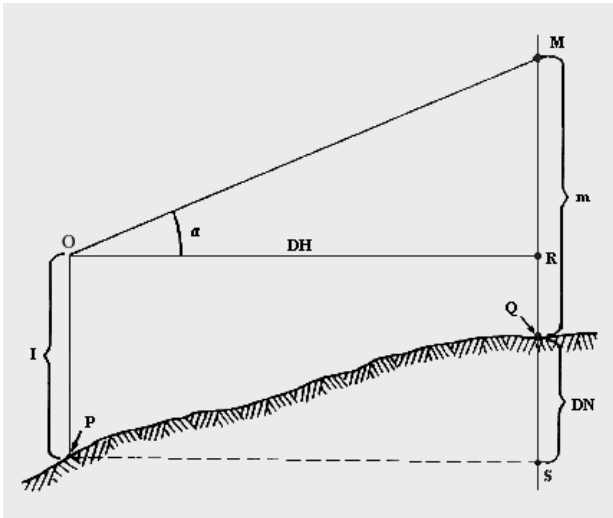
c) Teodolito: para utilizar o teodolito neste mesmo tipo de trabalho, basta travar seu ângulo vertical em 90°, o restante dos procedimentos é o mesmo. São anotadas na caderneta, apenas as visadas de ré e de vante do fio médio (FM) do instrumento.

6.1.2 Nivelamento indireto: método estadimétrico

A diferença de nível é calculada utilizando um teodolito em sua maneira convencional, sendo este método mais trabalhoso por demandar operações matemáticas. Este método é bastante conveniente, pois junto ao levantamento planimétrico pode-se fazer o levantamento altimétrico, além de ser um método bastante rápido se comparado aos demais. Para isto, devemos fazer uma caderneta de campo. O nivelamento feito com o teodolito pode também ser denominado de nivelamento trigonométrico, quando medida a distância entre dois pontos (DH - Distância Horizontal ou DI - Distância Inclinação) e o ângulo de inclinação do terreno.

Equações usadas no cálculo de diferença de nível (DN) com teodolitos:

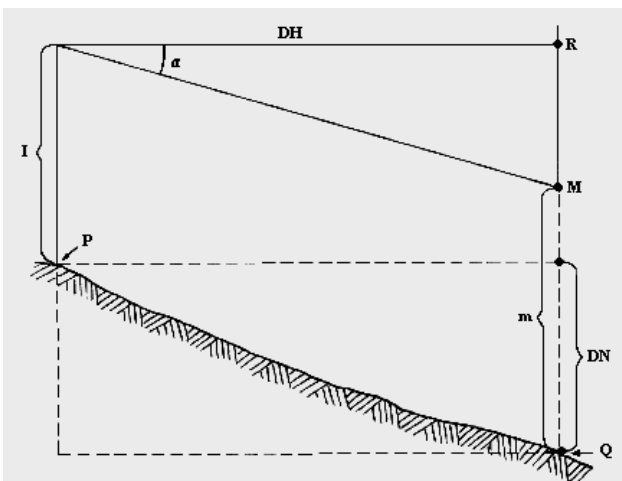
- **VISADA ASCENDENTE (subida):** é quando o ângulo vertical (zenital) é menor que 90° .



$$DN = 50.(FS - FI).\text{sen}(2 \text{ difer. } 90^\circ) - FM + AI$$

AI: é a altura do instrumento (I)

- **VISADA DESCENDENTE (descida):** é quando o ângulo vertical (zenital) é maior que 90° .



$$DN = 50.(FS - FI).\text{sen}(2 \text{ difer. } 90^\circ) + FM - AI$$

Caderneta de campo- Levantamento altimétrico com teodolito

					Ângulo Vertical (AV)								
Estação	Ponto visado	FI	FM	FS	Grau	Min.	Seg.	Diferença de 90°	Ângulo Horizontal	AI	DN	Cota	Observação

- VISADA ASCENDENTE:

$$DN = 50.(FS - FI).sen(2 \text{ difer. } 90^\circ) - FM + AI$$

VISADA DESCENDENTE:

$$DN = 50.(FS - FI).sen(2 \text{ difer. } 90^\circ) + FM - AI$$

6.2 Medição de desnível com nível de mangueira

A medição de desnível com nível de mangueira é feita por meio de leitura do nível da água na fita métrica em cada uma das extremidades da mangueira.

Exemplo: Determinar a diferença de nível (DN) entre uma caixa d'água e um poço artesiano, passando por um viveiro de mudas (trajeto de ida):

Trajeto de ida	Leitura maior (m)	Leitura menor (m)	DN (m)	Distância horizontal (m)
Caixa d'água/ viveiro de mudas	1,26	0,83	0,43	10,0
	1,22	0,88	0,34	10,0
	1,26	0,81	0,45	10,0
	1,19	0,88	0,31	10,0
	1,31	0,77	0,54	10,0
	1,28	0,81	0,47	10,0
	1,17	0,92	0,25	10,0
	Total =		2,79	70,0
Viveiro de mudas/ poço artesiano	1,26	0,84	0,42	10,0
	1,25	0,87	0,38	10,0
	1,29	0,81	0,48	10,0
	1,23	0,88	0,35	10,0
	1,23	0,86	0,37	10,0
	1,27	0,86	0,41	10,0
	1,21	0,92	0,29	10,0
	1,44	0,69	0,75	10,0
	1,35	0,76	0,59	10,0
	1,29	0,81	0,48	10,0
	1,41	0,70	0,71	10,0
	1,39	0,72	0,67	10,0
	1,09	1,02	0,07	10,0
	Total =		5,97	130

DN total = 2,79 + 5,97 = 8,76 m

No manuseio do nível de mangueira, são necessários alguns cuidados:

- Evitar que a mangueira dobre ao meio, pois impedirá o fluxo de água;
- Usar mangueira transparente para fazer as leituras;
- Guardar o nível de mangueira sempre cheio de água, pois reduz o ressecamento da mangueira;
- Tampar ou vedar as duas extremidades da mangueira, evitando a entrada de insetos (barata, aranha, mosquito da dengue, formigas);
- Para facilitar os cálculos de declividade no campo, usar mangueira de 10 metros de comprimento.

Exercício:

Determinar a diferença de nível (DN) entre o poço artesiano e a caixa d'água (no trajeto de retorno) e comparar o resultado com o do exemplo anterior. Determinar o erro na medição do DN.

Leitura maior (m)	Leitura menor (m)	DN (m)	Distância horizontal (m)
1,21	0,54		10,0
1,26	0,50		10,0
1,13	0,63		10,0
1,06	0,70		10,0
1,52	0,57		10,0
1,25	0,84		10,0
1,25	0,83		10,0
1,36	0,74		10,0
1,24	0,84		10,0
1,24	0,86		10,0
1,28	0,81		10,0
1,25	0,84		10,0
1,19	0,90		10,0
1,29	0,79		10,0
1,20	0,88		10,0
1,30	0,79		10,0
1,19	0,89		10,0
1,29	0,80		10,0
1,07	1,03		10,0
Total =			

6.3 Terraceamento

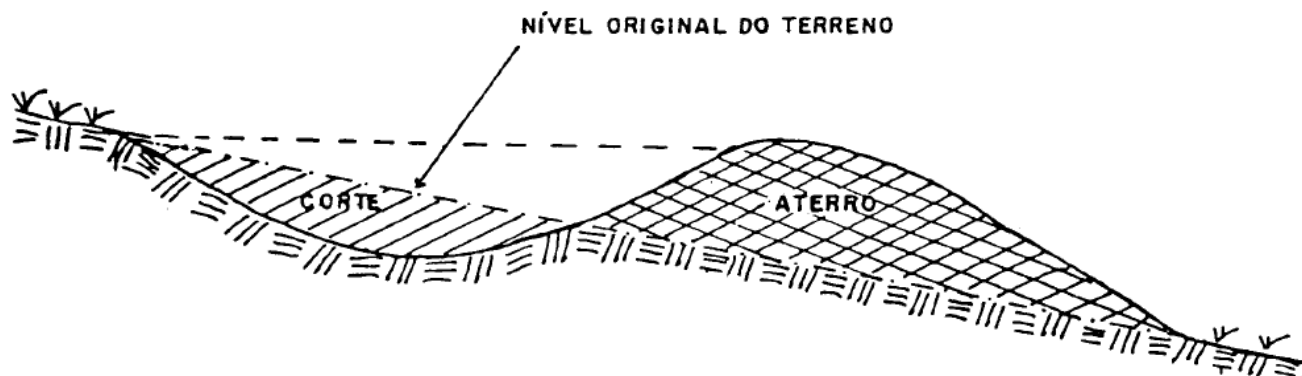
O terraceamento é uma prática mecânica de controle de erosão em áreas cultivadas, que intercepta ou diminui o escoamento superficial. Esta prática é utilizada em diferentes tipos de cultivos, como culturas anuais (plantio convencional e direto), perenes e pastagens.

O termo “terraço” significa camalhão, ou a combinação de canal (sulco) com um camalhão. Cada terraço protege a área que está logo abaixo dele, ao receber as águas da faixa que está acima.

Os terraços são construídos transversalmente à direção do maior declive, basicamente para controlar a erosão e aumentar a umidade do solo. Os terraços reduzem as perdas de solo em 70-80%, e de água em 100%. Os mesmos devem ser criteriosamente planejados (tipo, dimensionamento), executados (locado, construído) e conservados (limpos e reforçados periodicamente).

Por ser uma prática que requer investimentos, o terraceamento deve ser usado apenas quando não é possível controlar a erosão, em níveis satisfatórios, com a adoção de outras práticas mais simples de conservação do solo. No entanto, o terraceamento é útil em locais onde é comum a ocorrência de chuvas cuja intensidade e volume superam a capacidade de armazenamento de água do solo e onde outras práticas conservacionistas são insuficientes para controlar as enxurradas.

Terraço é o conjunto formado pela combinação de um **canal coletor (valeta)** e um **camalhão (monte de terra ou dique)**.



Dentre as inúmeras funções dos terraços, destacam-se:

- Interceptar e diminuir a velocidade e vazão das enxurradas, evitando erosões;
- Diminuir as perdas de solo, sementes e fertilizantes;
- Infiltrar a água das enxurradas e aumentar o conteúdo de umidade no solo;
- Reduzir o pico de descarga (enchentes), poluição e assoreamento em cursos d'água;
- Promover drenagem lenta e segura, conduzindo o excesso de água até a área externa aos cultivos, sem causar erosões;
- Amenizar a topografia e melhorar as condições de mecanização nas áreas agrícolas;
- Valorizar a propriedade rural.

6.3.1 Classificação dos Terraços

Os terraços podem ser classificados em diversos critérios. Dentre os comumente utilizados estão:

- Quanto à função
- Quanto à construção
- Quanto à dimensão
- Quanto à forma

6.3.1.1 Quanto à função: podem ser de absorção ou de drenagem.

a) Terraços de absorção: são locados em nível (transversalmente ao maior desnível), apresentam base larga, retém e acumula a enxurrada para posterior infiltração.

Recomendação: regiões de baixa pluviosidade, solos altamente permeáveis e de declividade < 8%.

b) Terraços de drenagem: são locados em desnível uniforme, interceptam a enxurrada e a conduzem até local seguro (canal escoadouro, geralmente vegetado), sem provocar erosão.

Recomendação: regiões de alta pluviosidade, solos de baixa permeabilidade e com declividade de 8% a 20%.



(a)



(b)

Terraço de absorção (a) e terraços em gradiente, com bacias de contenção (b).

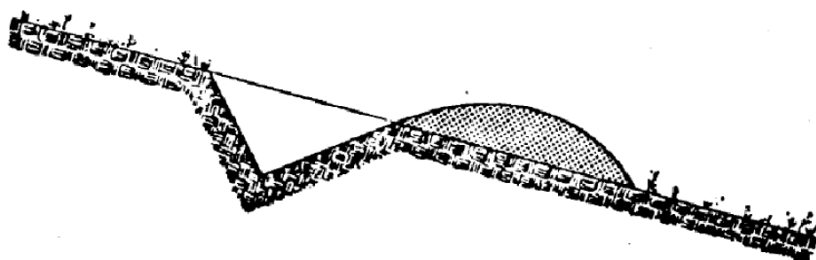
c) Terraços de absorção com “travesseiros”: é um tipo especial de terraço, onde os “travesseiros” são montes de terra com espaçamento uniforme, formando bacias de infiltração, distanciadas de 100 a 200 m. A limitação deste tipo de terraço é que dificulta os trabalhos de manutenção do sistema de terraceamento.



Terraços com “travesseiros” em cafezal. Detalhe da bacia de captação de água, construída para receber água dos carregadores e do possível escoamento dos terraços (Foto: Marcelo de Freitas Ribeiro).

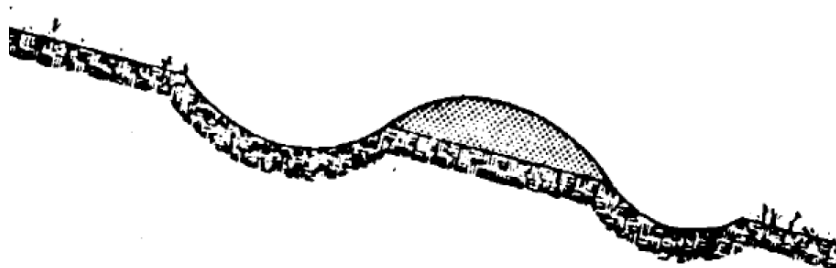
6.3.1.2 Quanto à construção: podem ser do tipo Nichols (canal) ou do tipo Mangum (camalhão).

a) Terraço tipo Nichols ou canal: são construídos cortando e jogando a terra para baixo na rampa. Apresenta seção transversal triangular e estreita faixa de movimentação de terra. Para sua construção, podem ser utilizados patrol (motoniveladora) ou arado reversível quando o declive é $> 10\%$.



Recomendação: áreas com declividade de 12 a 18%, em regiões de alta precipitação pluvial. Recomenda-se não cultivar na faixa do canal.

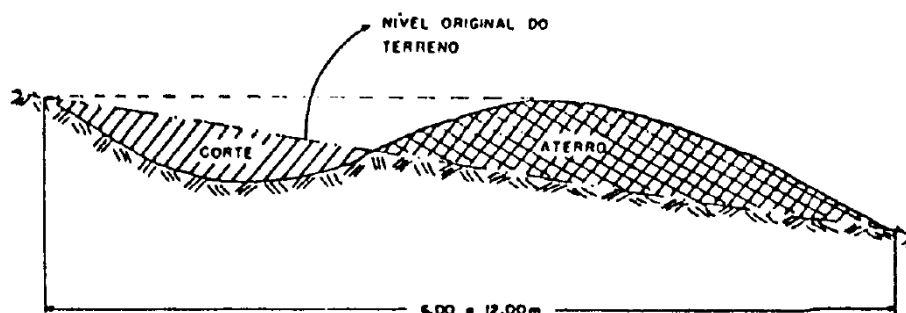
b) Terraço tipo Mangum ou camalhão: são construídos fazendo movimentação de terra de cima para baixo e de baixo para cima. O canal apresenta seção transversal parabólica, é mais largo e raso, e de maior capacidade do que o Nichols. Para sua construção, pode ser utilizado arado fixo ou reversível.



Recomendação: áreas com declividade $< 12\%$, em regiões de baixa precipitação pluvial.

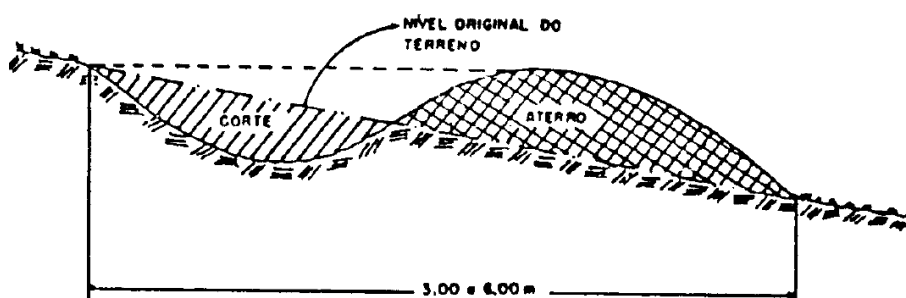
6.3.1.3 Quanto à dimensão: largura da base

a) Terraço de base larga: a largura de movimentação de terra é $> 6,0$ m. É utilizado em solos de boa permeabilidade, com declividade de até 10% . É normalmente construído em nível. Possibilita a utilização de máquinas para semeadura no canal e no camalhão.



Fonte: Bertolini et al., 1989

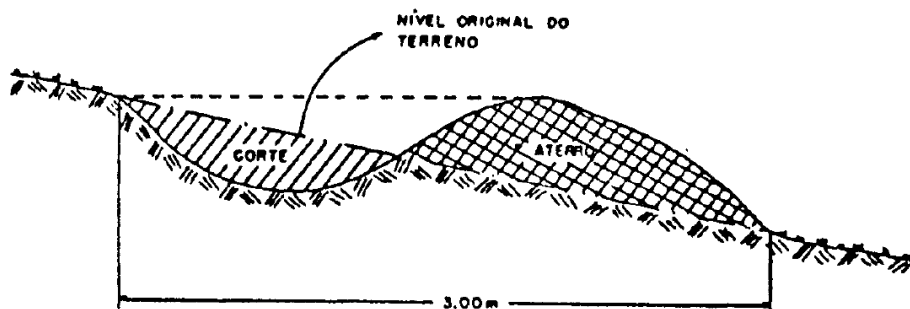
b) Terraço de base média: a largura de movimentação de terra varia de 3,0 a 6,0 m. É um dos tipos de terraços mais comuns em lavouras, declive de 10 a 12% . A construção requer trator e arado.



Fonte: Bertolini et al., 1989

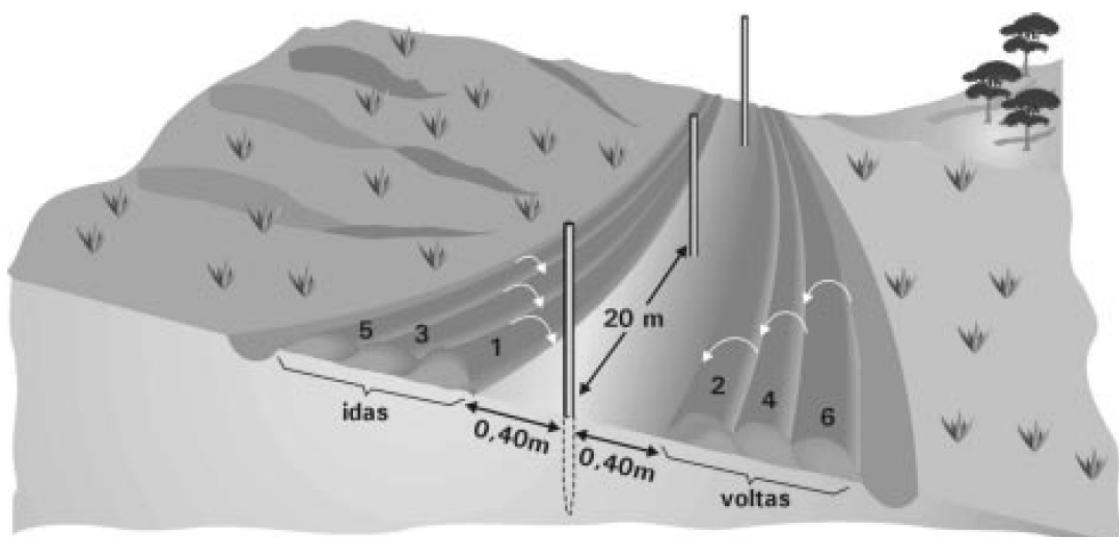
c) **Terraço de base estreita:** a largura dos terraços é de até 3,0 m. Inclui os cordões de contorno.

É utilizado em áreas pequenas e culturas perenes, declive de 12 a 18%. É normalmente do tipo Nichols ou canal.

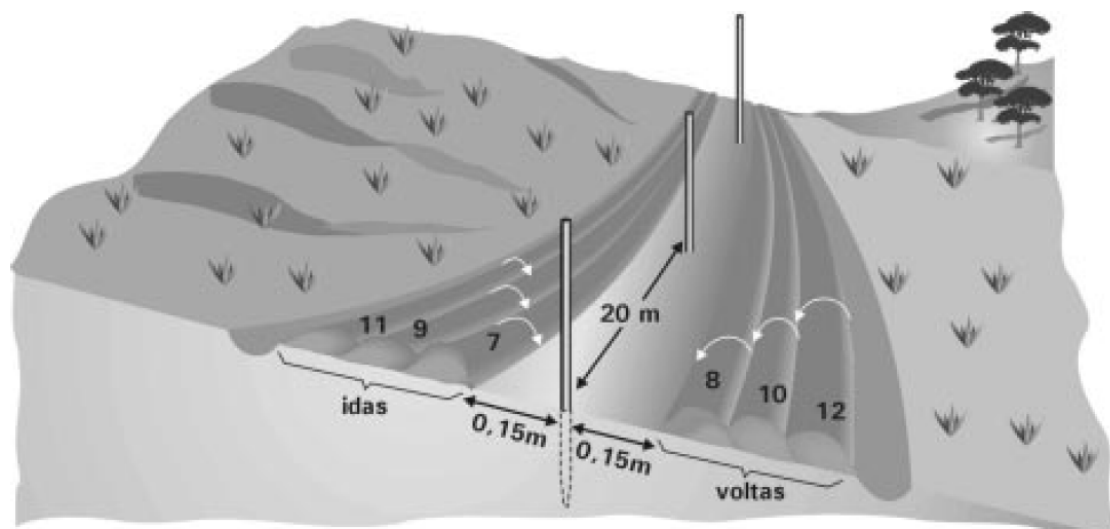


Fonte: Bertolini et al., 1989

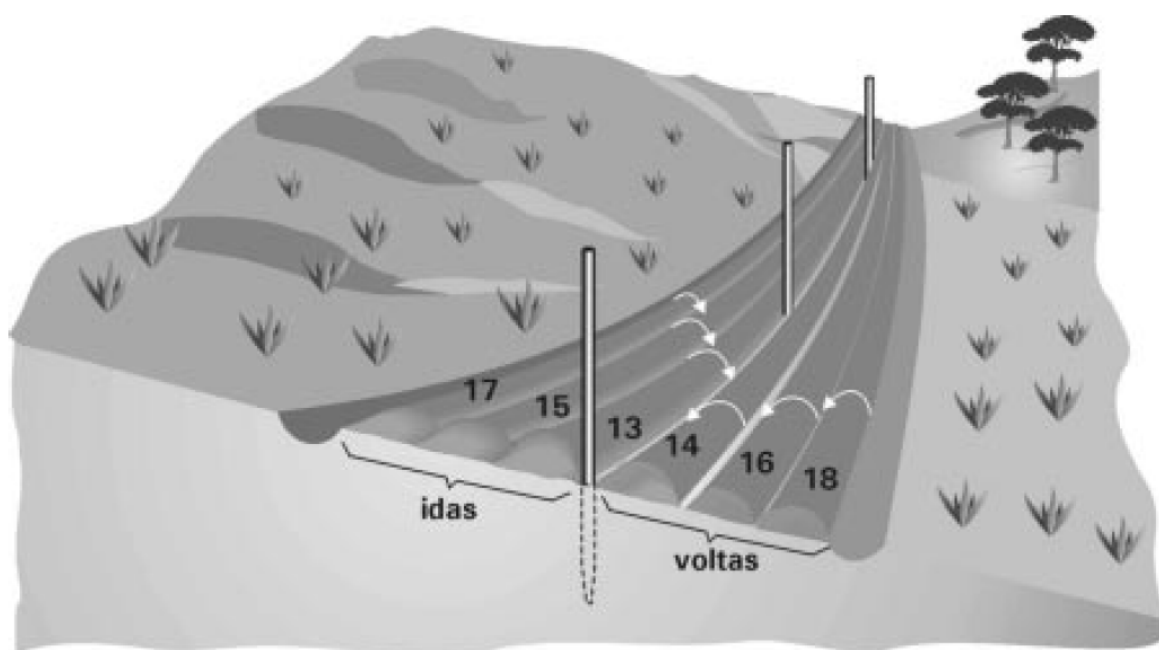
A construção do terraço de base larga requer várias séries de passadas com o arado de discos reversível:



Primeira série da construção de terraço base larga, método tipo Mangum, com arado de três discos reversíveis.



Segunda série da construção de terraço base larga, método tipo Mangum, com arado de três discos reversíveis.



Terceira série da construção de terraço base larga, método tipo Mangum, com arado de três discos reversíveis.

A escolha da largura da base dos terraços depende:

- ✓ Da declividade do terreno;

Declividade (%)	Tipos de terraço recomendados
2 – 8	Base larga
8 – 12	Base média
12 – 18	Base estreita
18 – 50	Em patamar

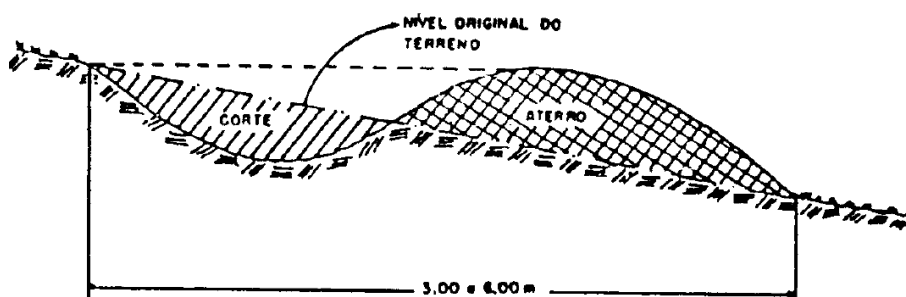
Fonte: Paraná, 1994.

- ✓ Da intensidade de mecanização (cultura x sistema de cultivo);
- ✓ De máquinas e implementos disponíveis, e condição financeira do agricultor.

6.3.1.4 Quanto à forma

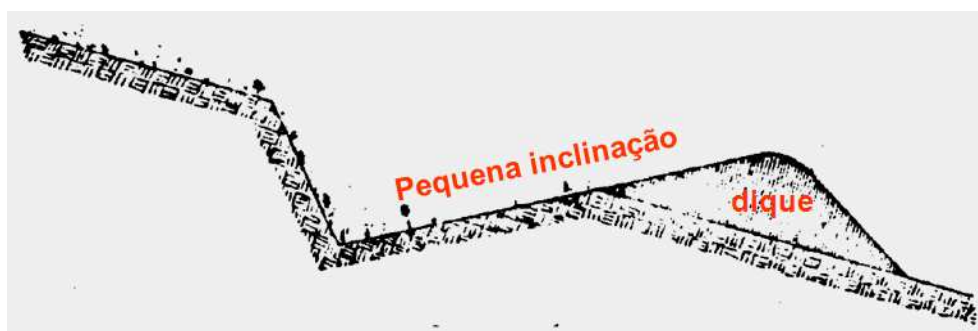
Quanto à forma, os terraços são classificados em: terraço comum, em patamar, em banquetta individual, murundum ou leirão e embutido.

a) Terraço comum: consiste de canal + camalhão, em nível ou gradiente. A declividade máxima para construção é de 20%. É o tipo de terraço mais usado. Recomenda-se utilizá-lo com outras práticas de proteção superficial: **plantio em nível, cobertura morta, adubação verde, plantio direto**, amenizando o impacto das gotas de chuva.



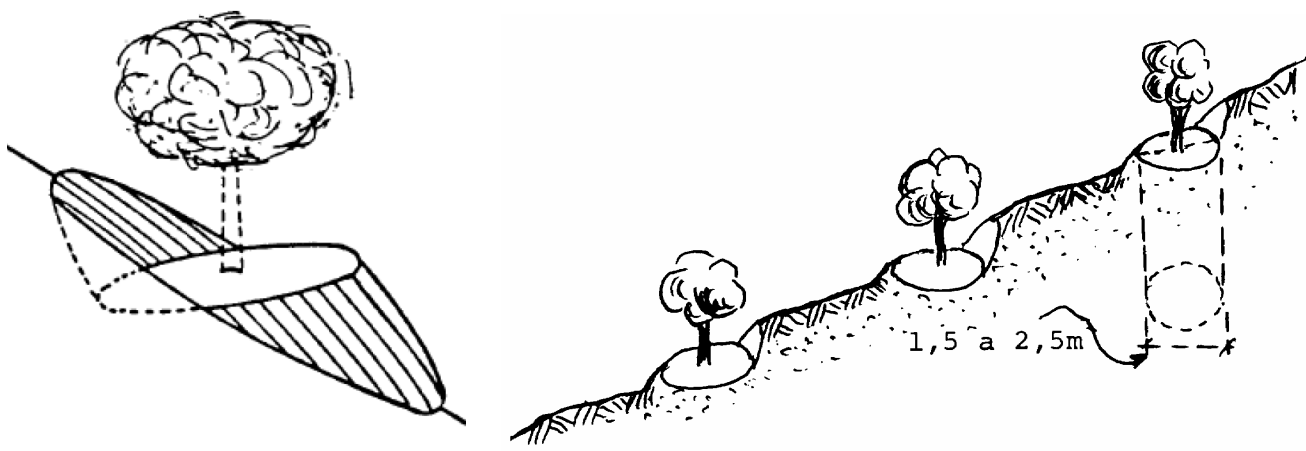
Terraço comum de base média.

b) Terraço em patamar: possui a forma de escada e é construído através de movimentação de terra (cortes e aterros) em áreas com declividade $> 20\%$. O talude desses terraços deve ser coberto com vegetação rasteira. A construção requer trator esteira, apresenta alto custo. Portanto, deve ser utilizado em culturas de alta rentabilidade.

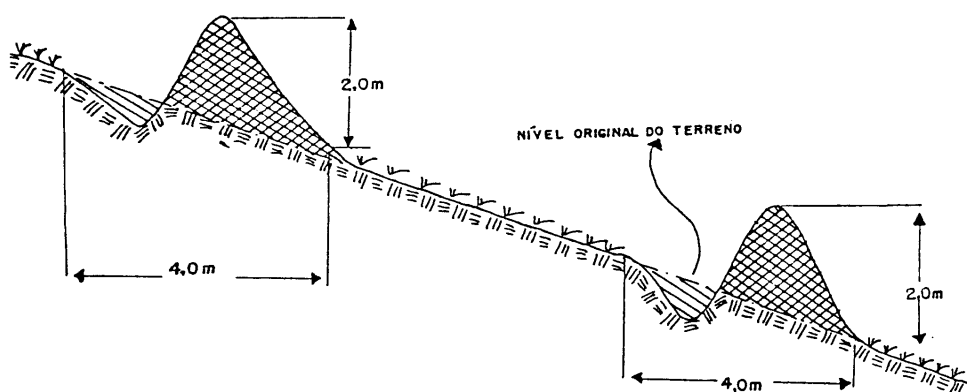


As banquetas podem ser contínuas ou descontínuas (banqueta individual).

c) Terraço em banqueta individual: consiste de bancos individuais para cada planta (culturas perenes). A movimentação de terra é feita apenas no local onde será cultivado. Este tipo de terraço é utilizado em terrenos com obstáculos ou afloramentos de rochas, onde a declividade é acentuada, sendo impossível uso de máquinas e implementos. A construção requer o uso de ferramentas manuais, como enxada e enxadão.



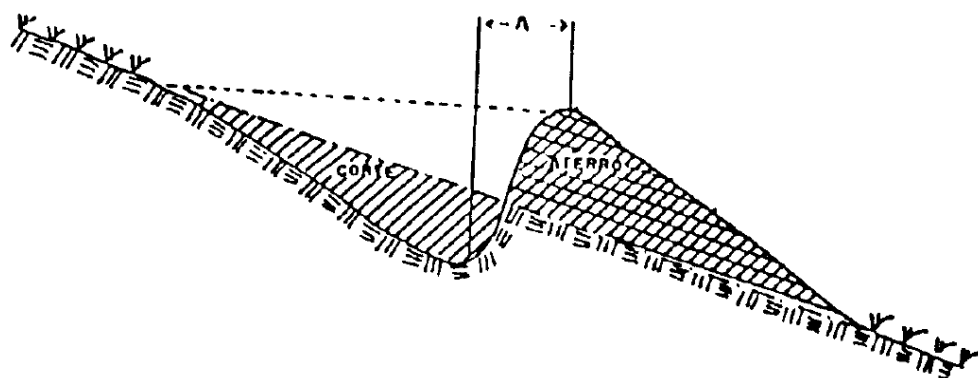
d) Terraço murundum ou leirão: é construído raspando-se o horizonte superficial do solo (horizonte A) por tratores com lâmina frontal, amontoando-o para formar um camalhão (de até 2 m de altura). Não segue dimensionamento adequado.



Fonte: Bertolini et al., 1989

A principal limitação é que a remoção do horizonte A (mais fértil) prejudica o desenvolvimento das plantas na área em que foi raspada. Por ser construído a distâncias maiores, apresenta erosão acentuada e está sujeito a rompimento.

e) **Terraço embutido:** é utilizado em áreas de cana de açúcar e pastagem. Sua forma assemelha-se à dos terraços murunduns, sendo construído com motoniveladora ou trator de lâmina frontal. O canal possui forma triangular, ficando o talude do canal/camalhão praticamente na vertical. Assim, pequena área é inutilizada,



6.3.2 Seleção do tipo de terraço: vantagens e desvantagens

TIPO DE TERRAÇO	VANTAGENS	DESvantagens
Em nível	<ul style="list-style-type: none"> - Armazenam água no solo; - Não necessitam de locais para escoamento do excesso de água 	<ul style="list-style-type: none"> - Maior risco de rompimento; - Exigência de limpezas mais freqüentes;
Com gradiente	<ul style="list-style-type: none"> - Menor risco de rompimento 	<ul style="list-style-type: none"> - Desvio da água caída sobre a gleba; - Necessidade de locais apropriados para escoamento da água; - Maior dificuldade de locação.

Tabela - Tipos de terraços recomendados em função da declividade do terreno

Declividade (%)	Tipo de terraço recomendado
2 – 8	Base larga
8 – 12	Base média
12 – 18	Base estreita
18 – 50	Em patamar

6.3.3 Locação de Terraços

A locação de terraços em campo consiste basicamente nas seguintes etapas:

- Delimitar a área a ser terraceada e identificar a linha de maior inclinação, entre os pontos mais baixo e mais alto da área (cravar estacas).
- Determinar a declividade da área em três alinhamentos, e obter a declividade média;
- Determinar o espaçamento vertical entre terraços ou verificar, por meio de Tabelas, o espaçamento vertical (EV) e horizontal (EH) entre terraços, em função da cultura (anual ou perene), tipo de terraço (em nível ou em gradiente) e textura do solo (argilosa, média ou arenosa);
- Iniciar a locação de terraços na parte mais elevada do terreno, adotando como medida de segurança, a metade do espaçamento entre terraços. Podem ser utilizados, o nível de mangueira, o nível de precisão ou teodolito.

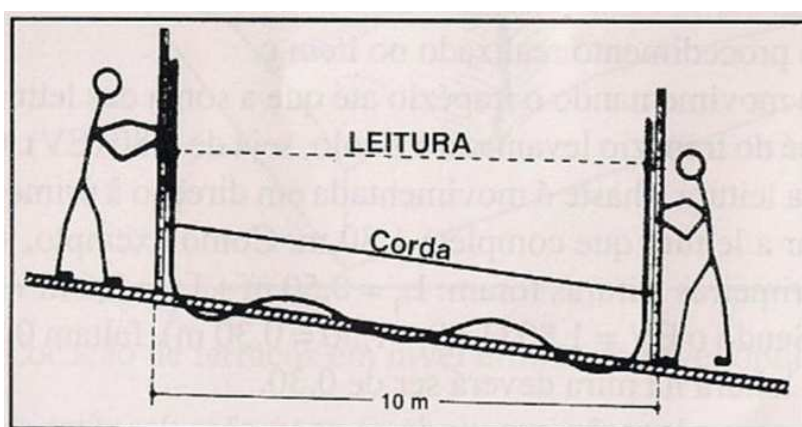


Figura - Locação de terraços com nível de mangueira

- Estaquear os pontos da locação para facilitar o trabalho do operador de máquinas;
- Fixar marcações a cada 10, 15 ou 20 m de distância, para facilitar o trabalho do operador de máquinas, na construção do terraço, evitando se perder;
- Na locação, trava-se o ângulo vertical do teodolito em 90°.
- Observar o declive do terreno para determinar o sentido do escoamento das águas.

Quanto maior a declividade do terreno, menor é o EH entre terraços, pois a força da água das enxurradas é maior, podendo causar rompimento de terraços.

Caso o declive seja desuniforme, recomenda-se dividir a linha de maior inclinação em seções uniformes.



Em áreas planas, recomenda-se a utilização de terraços em nível, de base larga, denominados de terraços de infiltração. Por outro lado, em áreas de maior declividade, recomenda-se o uso de terraços em gradiente (em pequeno desnível), de base estreita. Estes devem apresentar declividade que promova o escoamento das águas pluviais, não causando erosão dos solos agrícolas.

a) Espaçamento vertical (EV) entre terraços: podem ser utilizadas as equações de Bentley (Oliveira et al., 1992) ou de Lombardi Neto et al. (1994).

- Equação de Bentley:

$$EV = \left(2 + \frac{D}{X} \right) \cdot 0,305 \quad \quad EH = \frac{EV}{D} \cdot 100$$

EV - espaçamento vertical entre terraços (m)

EH - espaçamento horizontal (m)

D - declividade da área (%)

X - fator resultante da interação: solo, cultura e tipo de terraço (Tabelado). É função da textura (argilosa, média, arenosa), da cultura (anual ou perene) e do tipo de terraço (em nível ou gradiente)

Tabela - Valores de X, em função da textura do solo, para cálculo do espaçamento vertical entre terraços.

PRÁTICAS MECÂNICAS						PRÁTICA VEGETATIVA	VALORES DE X Equação de Bentley
Terraços				Cordões em contorno		Faixa de retenção	
Cultura permanente		Cultura anual		Cultura permanente		Cultura anual	
Gradiente	Nivelado	Gradiente	Nivelado	Gradiente	Nivelado	Nivelado	
argilosa						argilosa	1,5
média						média	2,0
arenosa	Argilosa					arenosa	2,5
	Média						3,0
	Arenosa	argilosa					3,5
		média		argilosa			4,0
		arenosa	argilosa	média			4,5
			média	arenosa	argilosa		5,0
			arenosa		média		5,5
					arenosa		6,0

Exercício:

1) Dados de uma área a ser terraceada:

- Solo argiloso, declividade de 10%. Determinar EV e EH, para as culturas do cafeeiro e do milho. Utilizar terraço em nível.

Tabela - Espaçamentos para culturas perenes e anuais sem gradiente (nivelados)

Declividade %	Textura Arenosa < 15% de Argila		Textura Média 15% a 35% de argila		Textura Argilosa >35%	
	E.H.	E.V.	E.H.	E.V.	E.H.	E.V.
metros						
1	73	0,73	76	0,76	81	0,81
2	43	0,85	46	0,92	51	1,02
3	33	0,98	36	1,07	41	1,22
4	28	1,10	31	1,22	36	1,42
5	24	1,22	27	1,37	33	1,63
6	22	1,34	26	1,53	31	1,83
7	21	1,46	24	1,68	29	2,03
8	20	1,59	23	1,83	28	2,24
9	19	1,71	22	1,98	27	2,44
10	18	1,83	21	2,14	26	2,64

E.H. (espaçamento horizontal) = $(EV \times 100)/D\%$; EV (espaçamento vertical) = $[2 + (D\%/X)] 0,305$, onde D = declividade do terreno em %; X = coeficiente que varia de acordo com a natureza do solo: 1,5 (argiloso), 2,0 (textura média), 2,5 (arenoso).

Fonte: Adaptado de [Resck \(1981\)](#).

Verifica-se que quanto maior a declividade (D), menor é o EH entre terraços.

- **Equação de Lombardi Neto et al. (1994):** leva em consideração a cobertura vegetal.

$$EV = 0,4518 \cdot K \cdot D^{0,58} \cdot \frac{(u + m)}{2}$$

EV - espaçamento vertical entre terraços (m)

K - parâmetro que depende do tipo de solo (erodibilidade)

D - declividade do terreno (%)

u - fator de uso do solo

m - fator de manejo do solo

Tabela - Grupos de solos segundo suas características, resistência à erosão e os respectivos valores de K

Grupo	Grupo de Resistência à erosão	Profundidade (m)	Perneabilidade	Textura	Razão textural	Exemplo	Índice K
A	Alto	Muito profundo (>2 m) ou profundos (1 a 2m)	Rápida a moderada ou moderada/rápida	Média/média m. argilosa/m. argilosa argilosa/argilosa	<1.2	LR, LE, LV, LH, LVa	1.25
B	Moderado	Profundos (1 a 2m)	Rápida/rápida moderada/moderada Moderada/moderada	Arenosa/arenosa Arenosa/média Arenosa/argilosa Argilosa /m. argilosa	1.2 – 1.5	PV, PL, TE, PVLs, R, RPV, RLV,	1.10
C	Baixo	Profundos (1 a 2m) a moderadamente profundos (0.5 a 1.0 m)	Lenta/rápida lenta/moderada rápida/moderada	Arenosa/média Média/argilosa Arenosa/ Argilosa arenosa /m. argilosa	>1.5	Pml, PVp PVIs, PVLs,	0.90
D	M. baixo	Moderadamente profundos (0.5 a 1m) ou rasos (0.25 a 0.5 m)	Rápida, moderada ou lenta sobre lenta	Muito variável	variável	Li, Pv	0.75

(1) Média da porcentagem de argila do horizonte B (excluindo B3) sobre média da porcentagem de argila de todo horizonte A.

(2) Na textura binária, o primeiro termo refere-se à textura do horizonte A e o segundo à textura do horiz. B.

Fonte: Lombardi Neto et al. (1994)

Tabela - Grupos de cultura e seus respectivos índices de uso do solo (u).

Grupo	Culturas	Índice u
1	Feijão, mandioca e mamona	0.50
2	Amendoim, algodão, arroz, alho, cebola, girassol e fumo	0.75
3	Soja, batatinha, melancia, abóbora, melão e leguminosas para adubação verde	1.00
4	Milho, sorgo, cana-de-açúcar, trigo, aveia, centeio, cevada, outras culturas de inverno, e frutíferas de ciclo curto	1.25
5	Banana, café, citros e frutíferas permanentes	1.50
6	Pastagens e/ou capineiras	1.75
7	Reflorestamento, cacau e seringueira	2.00

Fonte: Lombardi Neto et al. (1994)

Exercício:

1) Deseja-se terracear uma gleba com solo **Latossolo Vermelho muito profundo**, textura média, **razão textural = 1,15**, com **declividade média de 7%**, a ser cultivado com **algodão** continuamente, com preparo do solo feito com **arado de discos e grade niveladora e queimando-se** os restos da cultura anterior.

Determine os valores de EV e EH:

Tabela - Espaçamento vertical (EV) e horizontal (EH), em metros, para **terraços em nível** e em **gradiente**, em função da textura da declividade, textura do solo e cultura (anual e permanente).

Declividade (%)	CULTURA																							
	-----ANUAL-----												-----PERMANENTE-----											
	Terraços em Nível						Terraços em Gradiente						Terraços em Nível						Terraços em Gradiente					
	Textura argilosa		Textura média		Textura arenosa		Textura argilosa		Textura média		Textura arenosa		Textura argilosa		Textura média		Textura arenosa		Textura argilosa		Textura média		Textura arenosa	
	EV	EH	EV	EH	EV	EH	EV	EH	EV	EH	EV	EH	EV	EH	EV	EH	EV	EH	EV	EH	EV	EH	EV	EH
1	0,27	26,6	0,26	26,0	0,25	25,4	0,58	28,5	0,27	27,5	0,27	26,6	0,32	32,0	0,30	30,0	0,28	28,5	0,40	40,0	0,35	35,0	0,32	32,0
2	0,53	26,6	0,58	26,0	0,51	25,4	0,28	28,5	0,55	27,5	0,52	26,6	0,64	32,0	0,60	30,0	0,57	28,5	0,80	40,0	0,70	35,0	0,64	32,0
3	0,80	26,6	0,72	26,0	0,76	25,4	0,85	28,5	0,82	27,5	0,80	26,6	0,96	32,0	0,90	30,0	0,85	28,5	1,20	40,0	1,05	35,0	0,96	32,0
4	0,86	21,6	0,84	21,0	0,82	20,4	0,94	23,0	0,90	22,5	0,86	21,6	1,08	27,0	1,00	25,0	0,94	23,6	1,40	34,0	1,20	30,0	1,08	27,0
5	0,93	18,7	0,90	18,0	0,87	17,4	1,03	20,5	0,97	19,5	0,93	18,7	1,20	24,0	1,09	22,0	1,03	20,5	1,60	32,0	1,35	27,0	1,20	24,0
6	1,00	16,6	0,96	16,0	0,93	15,4	1,11	18,6	1,05	17,5	1,00	16,6	1,32	22,0	1,20	20,0	1,11	18,6	1,80	30,0	1,50	25,0	1,32	22,0
7	1,13	15,2	1,02	14,6	0,98	14,0	1,20	17,2	1,12	16,1	1,06	15,2	1,44	20,6	1,30	18,6	1,20	17,1	2,00	28,5	1,65	23,6	1,44	20,6
8	1,20	14,1	1,08	13,5	1,03	12,9	1,28	16,0	1,20	15,0	1,13	14,1	1,56	19,5	1,40	17,5	1,28	16,0	2,20	27,5	1,80	22,5	1,56	19,5
9	1,27	13,3	1,14	12,7	1,09	12,1	1,37	15,2	1,27	14,2	1,20	13,3	1,68	18,7	1,70	16,7	1,37	15,2	2,40	26,7	1,95	21,7	1,68	18,7
10	1,30	12,7	1,20	12,0	1,14	11,4	1,45	14,6	1,35	13,5	1,27	12,7	1,80	18,0	1,60	16,0	1,45	14,6	2,60	26,0	2,10	21,0	1,80	18,0
11	1,33	12,1	1,26	11,4	1,20	10,9	1,54	14,0	1,42	12,9	1,33	12,1	1,92	17,4	1,70	15,4	1,54	14,0	2,80	25,4	2,25	20,4	1,92	17,4
12	1,40	11,6	1,32	11,0	1,25	10,4	1,63	13,6	1,50	12,1	1,40	11,6	2,04	17,0	1,80	15,0	1,63	13,6	3,00	25,0	2,40	20,0	2,04	17,0
13	1,46	11,3	1,38	10,6	1,31	10,0	1,71	13,2	1,57	12,5	1,46	11,3	2,16	16,0	1,90	14,6	1,71	12,2	3,20	24,6	2,55	19,6	2,16	16,0
14	1,53	10,9	1,44	10,3	1,36	9,70	1,80	12,8	1,65	11,8	1,53	10,9	2,28	16,3	2,00	14,3	1,80	12,8	3,40	24,3	2,70	19,3	2,28	16,3
15	1,60	10,7	1,50	10,0	1,42	9,40	1,88	12,6	1,72	11,5	1,60	10,7	2,40	16,0	2,10	14,0	1,88	12,6	3,60	24,0	2,85	19,0	2,40	16,0
16	1,66	10,4	1,56	9,70	1,47	9,20	1,97	12,3	1,80	11,2	1,66	10,4	2,52	15,7	2,20	13,7	1,97	12,3	3,80	23,7	3,00	18,7	2,52	15,7
17	1,72	10,2	1,62	9,50	1,53	9,00	2,05	12,1	1,87	11,0	1,73	10,2	2,64	15,5	2,30	13,5	2,05	12,1	4,00	23,5	3,15	18,5	2,64	15,5
18	1,80	10,0	1,68	9,30	1,58	8,80	2,14	11,9	1,95	10,8	1,80	10,0	2,76	15,3	2,40	13,3	2,14	11,9	4,20	23,3	3,30	18,3	2,76	15,3
19	1,87	9,80	1,74	9,10	1,63	8,60	2,23	11,7	2,02	10,6	1,87	9,80	2,88	15,2	2,50	13,2	2,23	11,7	4,40	23,1	3,45	18,2	2,88	15,2
20	1,93	9,70	1,80	9,00	1,69	8,40	2,31	11,6	2,10	10,5	1,93	9,70	3,00	15,0	2,60	13,0	2,31	11,6	4,60	23,0	3,60	18,0	3,00	15,0
21	2,00	9,50	1,86	8,80	1,74	8,30	2,40	11,4	2,17	10,3	2,00	9,50	3,12	14,8	2,70	12,8	2,40	11,4	4,80	22,8	3,75	17,8	3,12	14,8
22	2,06	9,40	1,92	8,70	1,80	8,20	2,48	11,3	2,25	10,2	2,06	9,40	3,24	14,7	2,80	12,7	2,48	11,3	5,00	22,7	3,90	17,7	3,24	14,7
23	2,13	9,30	1,98	8,60	1,85	8,10	2,57	11,2	2,32	10,1	2,13	9,30	3,36	14,6	2,90	12,6	2,57	11,2	5,20	22,6	4,05	17,6	3,36	14,6
24	2,20	9,20	2,04	8,50	1,91	8,00	2,65	11,1	2,40	10,0	2,20	9,20	3,48	14,5	3,00	12,5	2,65	11,1	5,40	22,5	4,20	17,5	3,48	14,5
25	2,06	9,10	2,10	8,30	1,96	7,90	2,74	11,0	2,47	9,90	2,26	9,10	3,60	14,4	3,10	12,4	2,74	11,0	5,60	22,4	4,35	17,4	3,60	14,4
26	2,26	9,00	2,16	8,30	2,02	7,80	2,83	10,9	2,55	9,80	2,33	9,00	3,72	14,3	3,20	12,3	2,83	10,9	5,80	22,3	4,50	17,3	3,72	14,3
27	2,33	8,90	2,22	8,20	2,07	7,70	2,91	10,8	2,62	9,70	2,40	8,90	3,84	14,2	3,30	12,2	2,91	10,8	6,00	22,2	4,65	17,2	3,84	14,2
28	2,40	8,80	2,28	8,15	2,13	7,60	3,00	10,7	2,70	9,60	2,47	8,80	3,96	14,1	3,40	12,1	3,00	10,7	6,20	22,1	4,80	17,1	3,96	14,1
29	2,47	8,70	2,34	8,10	2,18	7,50	3,08	10,6	2,77	9,55	2,53	8,70	4,08	14,0	3,50	12,0	3,08	10,6	6,40	22,0	4,95	17,1	4,08	14,0
30	2,60	8,60	2,40	8,00	2,23	7,40	3,17	10,5	2,85	9,50	2,60	8,60	4,00	14,0	3,60	12,0	3,17	10,5	6,60	22,0	5,10	17,0	4,00	14,0

Fonte: Adaptado de N. D. AMARAL (Livro: Noções de conservação do solo).

6.3.3.1 Locação de terraços em nível

Todas as estacas serão cravadas na mesma cota.

Exemplo:

Declividade: 3%

Cultura: milho

Solo: textura argilosa

EV = 0,80 m; EH = 26,60 m (Valor tabelado)



6.3.3.2 Locação de terraços em gradiente

Exemplo:

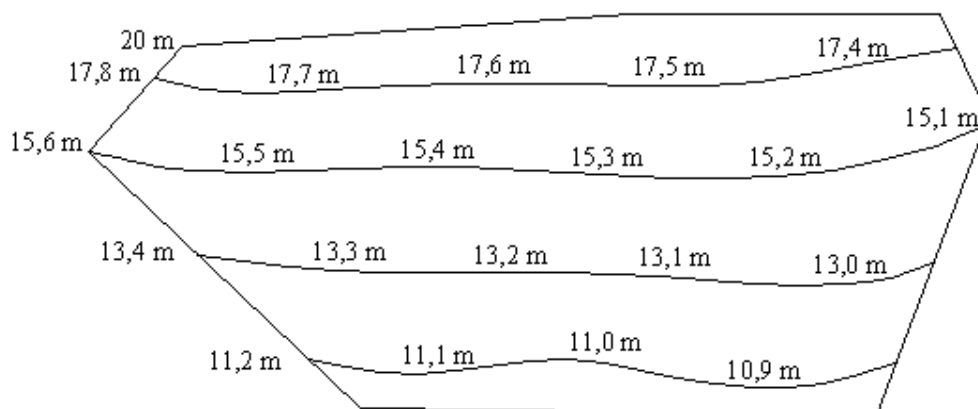
Declividade: 8%

Cultura: laranja

Solo: textura argilosa

EV = 2,20 m; EH = 27,50 m (valor tabelado)

Terraço em gradiente de 1%: para cada 10 m de DH, diminui-se 10 cm ou 0,1 m.



Para utilizar o teodolito na locação de terraços, deve-se travar seu ângulo vertical em 90°. O restante do procedimento é semelhante ao nível de precisão.

6.3.4 Principais causas do rompimento de terraços

Dentre as principais causas que ocasionam o rompimento de terraços, destacam-se:

- ✓ Espaçamento excessivo entre terraços;
- ✓ Camalhão e canal com dimensões incorretas;
- ✓ Erros na locação dos terraços no campo;
- ✓ Defeitos na construção: seções em que o camalhão se encontra em cota mais baixa;
- ✓ Presença de galerias no terraço: buracos de tatu, formigueiros, matéria orgânica, raízes em decomposição;
- ✓ Terraços com extremidades abertas;
- ✓ Convergência para o terraço de águas oriundas de áreas externas, como estradas, carreadores e encostas;
- ✓ Movimento de máquinas e animais sobre o camalhão, provocando o seu rebaixamento;
- ✓ Abertura de sulcos e covas no camalhão;
- ✓ Falta de manutenção e limpeza do canal;
- ✓ Ocorrência de chuvas de alta intensidade;
- ✓ Construção de terraços em nível em solos de baixa permeabilidade;
- ✓ Presença de nascentes na área compreendida entre terraços.

Observação importante: É preferível não construir terraços do que construí-los de forma mal dimensionada, pois o rompimento destes causa maiores perdas de solos do que a sua ausência.

6.4 Interpolação de curvas de nível

Interpolar uma curva de nível significa delimitar os pontos de mesma cota, por exatamente onde passa a curva de nível. Dados dois pontos, com suas respectivas cotas, espaçados 10 m entre si:

Exemplo:

○
8,819 m ○
8,459 m

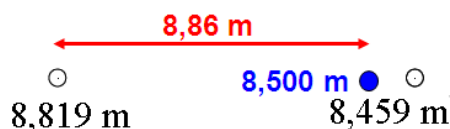
Pede-se para delimitar o ponto de cota 8,500 m.

$$8,819 - 8,459 = 0,360$$

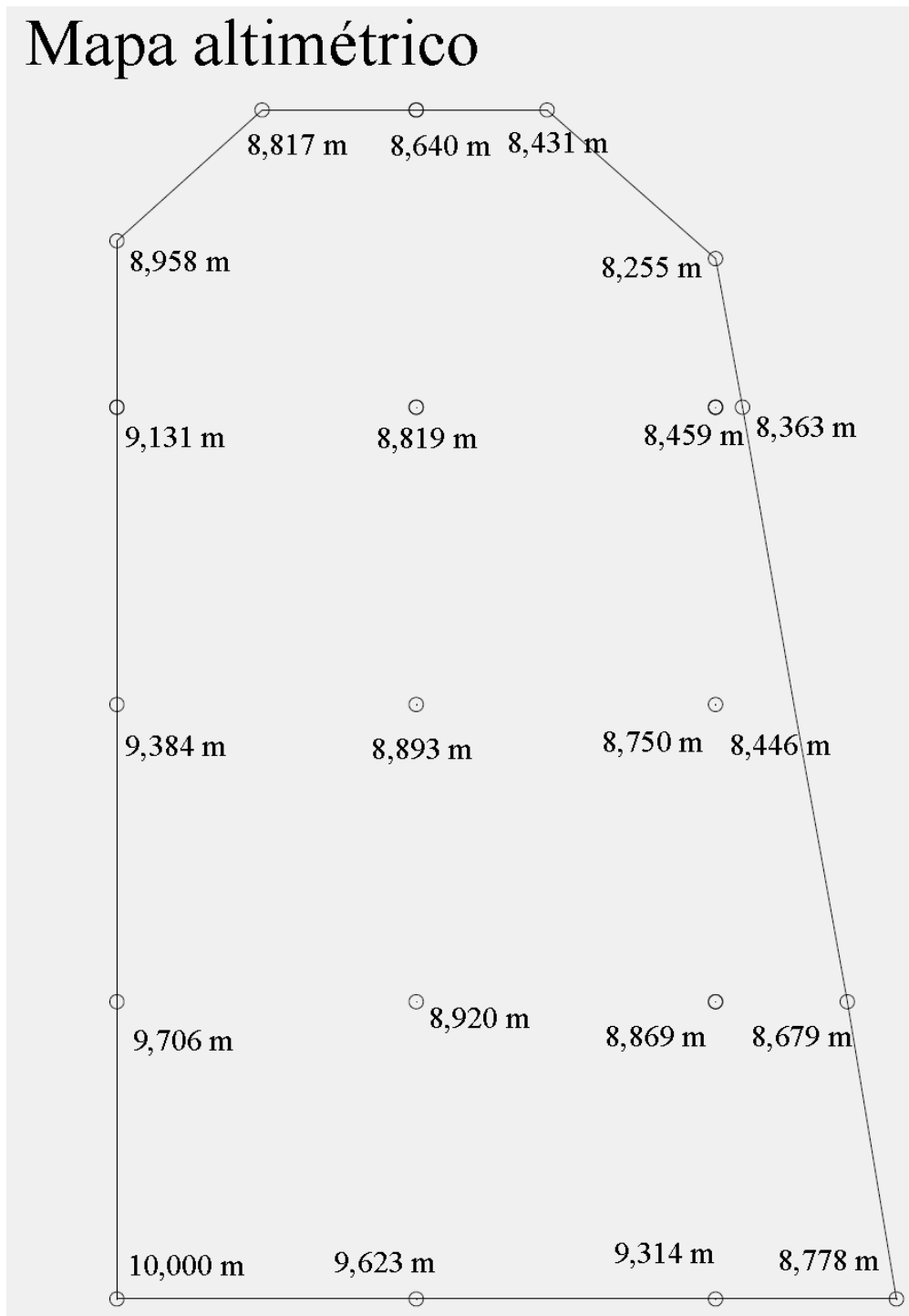
$$0,360 \text{ m} \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 10,0 \text{ m}$$

$$0,319 \text{ m} \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad x$$

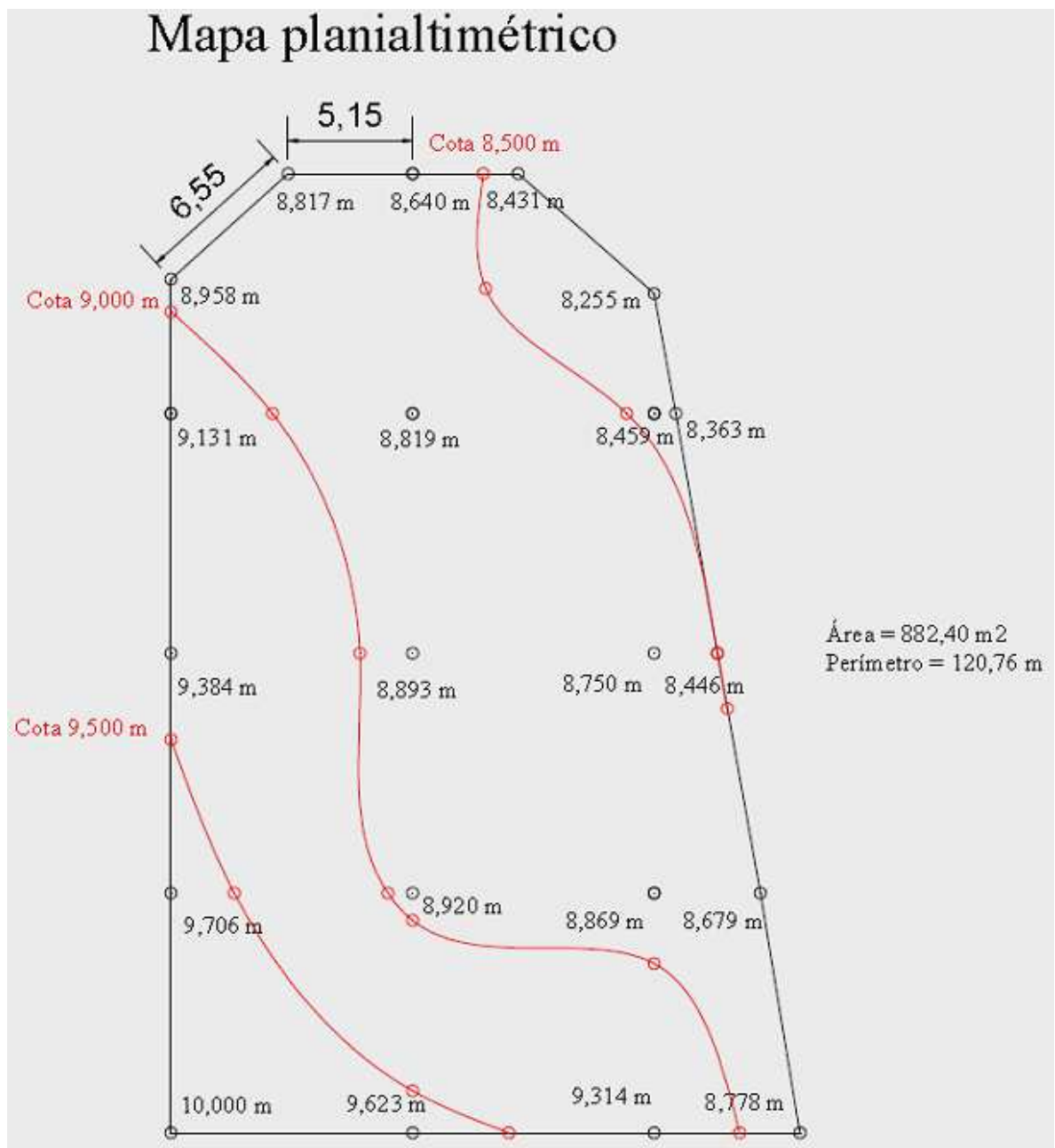
$$x = 8,86 \text{ m}$$



Mapa altimétrico



Mapa obtido após a interpolação das curvas de nível:



6.5 Sistematização de terreno

Sistematização de terreno é a movimentação de terra, por meio de corte e aterro, visando uniformizar a superfície do solo (nivelar ou diminuir a declividade).

Sistematizar um terreno é adequar a sua superfície em planos uniformes, em nível ou em declive, conforme o projeto a ser executado.

A sistematização é aplicada nas mais diversas áreas:

- a) **Obras civis:** núcleos habitacionais (loteamento), distritos industriais, área de secagem de grãos, campos de futebol.
- b) **Agricultura:** irrigação por sulcos, conservação de solos, irrigação por inundação.
- c) **Piscicultura:** construção de tanques para criação de peixes.
- d) **Rodovias:** para definir o traçado de curvas horizontais e verticais em áreas de morros.
- e) **Obras sanitárias:** redes de esgoto doméstico e industrial.
- f) **Obras hidráulicas:** construção de barragens, represamento de águas, redes de abastecimento de água nas cidades, galerias de águas pluviais.

A sistematização de terreno abrange várias etapas. Considerando uma sistematização para fins de irrigação por inundação, terá as seguintes etapas:

- ✓ Desmatamento e encoivramento;
- ✓ Extração de raízes;
- ✓ Subsolação e/ou aração profunda (arado de aiveca ou discos);
- ✓ Gradagem nos dois sentidos: grade de dente ou discos;
- ✓ Pré-nivelamento com plaina niveladora;
- ✓ Levantamento topográfico planialtimétrico (nivelamento geométrico);
- ✓ Cálculos na caderneta de campo;
- ✓ Traçado das curvas de nível (equidistância de 20, 25 ou 50 cm);
- ✓ Preparação do mapa de sistematização;
- ✓ Cálculos das cotas de greide e alturas de corte e aterro;
- ✓ Marcação no campo dos cortes e aterros;
- ✓ Trabalho das máquinas;
- ✓ Conferência dos cortes e aterros no campo;
- ✓ Traçado da irrigação (construção de tabuleiros e diques) e dos drenos;
- ✓ Fertilização do solo após a sistematização.

Vantagens da sistematização:

- ✓ Permite um controle mais eficiente da água e distribuição mais uniforme;
- ✓ Evita erosão do solo e perda de fertilidade;
- ✓ Aumenta a eficiência de irrigação, sendo possível irrigar uma maior área com menor disponibilidade de água;

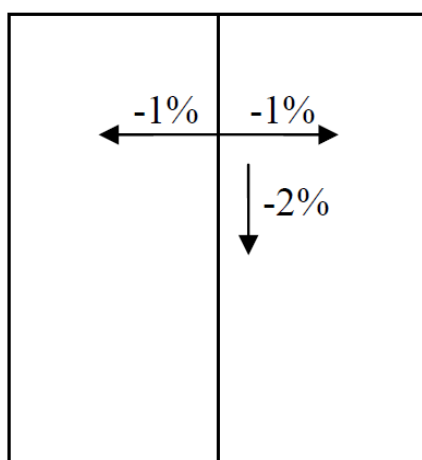
- ✓ Aumento no rendimento de máquinas;
- ✓ Proporciona uma melhor drenagem superficial, principalmente para regiões mais úmidas.

Desvantagens da sistematização:

- ✓ Alto custo com máquinas;
- ✓ Requer levantamento topográfico detalhado (microtopografia das irregularidades da superfície do solo);
- ✓ Requer cálculo da movimentação de terra, e se torna longo o tempo gasto para execução dos projetos.

Exemplo de sistematização: terreiro para secagem de grãos.

Especificações:



Conforme o esquema, o pátio deverá ficar com declividades do eixo central para as laterais, assim como no sentido longitudinal. Para atingir esse objetivo os trabalhos necessários são divididos em duas etapas:

a) Trabalho de campo:

- **Locação e estaqueamento da área do pátio (estaquear no espaçamento 5x5 m 10x10 m):** estaquear o eixo longitudinal e os alinhamentos perpendiculares ao eixo, formando uma malha de pontos (por exemplo, no sentido norte-sul e leste-oeste).

- **Fazer o nivelamento geométrico (determinar cota) de todos os pontos:** o nivelamento é feito através de leitura do fio médio do nível de precisão, teodolito (com ângulo vertical igual a 90°) ou nível de mangueira.

As anotações de campo dos levantamentos com nível de precisão ou teodolito são feitas em quadrículas, conforme a convenção a seguir, e requer também a medição da altura do instrumento (AI).

Nº da estaca	Leitura de mira
Cota do terreno	

As cotas dos pontos da malha são obtidas por meio da determinação do plano de visada (PV), sendo atribuída uma cota qualquer para o ponto de instalação do instrumento:

$$PV = \text{Cota} + AI$$

$$\text{Cota} = PV - FM$$

Dados do nivelamento do terreiro de secagem de grãos: cotas originais do terreno

AI = 1,340 (nível de precisão instalado na estaca 0). Fez-se uma irradiação nos demais pontos.

0	1,340	1	1,470	2	1,140
10,000		9,870		10,200	
3	1,780	4	1,940	5	1,840
9,560		9,400		9,500	
6	2,000	7	1,840	8	3,000
9,340		9,500		8,340	

$$PV = 10,000 + 1,340$$

$$PV = 11,340$$

$$\text{Cota 1} = 11,340 - 1,470 = 9,870$$

$$\text{Cota 2} = 11,340 - 1,140 = 10,200$$

$$\text{Cota 3} = 11,340 - 1,780 = 9,560$$

$$\text{Cota 4} = 11,340 - 1,940 = 9,400$$

$$\text{Cota 5} = 11,340 - 1,840 = 9,500$$

$$\text{Cota 6} = 11,340 - 2,000 = 9,340$$

$$\text{Cota 7} = 11,340 - 1,840 = 9,500$$

$$\text{Cota 8} = 11,340 - 3,000 = 8,340$$

Em seguida, é realizada a etapa de escritório. Para atender as cotas do projeto de secagem de grãos, as cotas originais do terreno devem ser alteradas, por meio de cortes e/ou aterros. As novas cotas serão denominadas de **cotas de greide**.

Determinação das cotas de greide:

As cotas de greide são determinadas conforme as declividades pré-estabelecidas no projeto do terreiro de secagem de grãos. Para fazer as anotações da etapa de escritório, recomenda-se utilizar também uma rede de quadriculas:

Nº da estaca	Cota terreno
Cota Greide	- Corte + Aterro

A diferença de nível do eixo longitudinal central, após a sistematização, será dada por:

Declividade do eixo = - 2%

Estaqueamento = 10 m

100 m \rightarrow -2,0 m

10 m \rightarrow y

y = -0,20 m

O desnível será de 0,20 m entre estacas, ao longo do eixo norte-sul (longitudinal), ou seja, nas direções 0-6, 1-7 e 2-8.

Cotas de greide no eixo central: eixo y

Cota 1 = 9,87

Cota 4 = 9,87 - 0,20 = 9,67

Cota 7 = 9,67 - 0,20 = 9,47

Cotas de greide nos eixos transversais: eixo x

As cotas são calculadas a partir das cotas de greide do eixo central, considerando a declividade de 1% e espaçamento entre estacas de 10 m.

100 m \rightarrow -1,0 m

10 m \rightarrow y

y = -0,10 m

Cota 1 = 9,87

Cota 0 = 9,87 - 0,10 = 9,77

Cota 2 = 9,87 - 0,10 = 9,77

Cota 4 = 9,67

Cota 3 = 9,67 - 0,10 = 9,57

Cota 5 = 9,67 - 0,10 = 9,57

Cota 7 = 9,47

Cota 6 = 9,47 - 0,10 = 9,37

Cota 8 = 9,47 - 0,10 = 9,37

Cálculo das alturas de corte e aterro

Para obter as alturas de cortes e aterros, as cotas de greide são comparadas com as cotas originais do terreno. Quando a **cota do terreno** for maior que a **cota de greide**, teremos uma altura de corte equivalente à diferença entre essas cotas. Caso contrário, teremos aterro. No quadriculado, a seguir, estão apresentados os cortes precedidos de sinal negativo e aterros com sinais positivos. Observa-se que na estaca 1 não houve corte e nem aterro, já que a cota do projeto coincide com a cota original do terreno.

		← - 1%		- 1% →		
	0	10,000	1	9,870	2	10,200
	9,770	-0,23	9,870		9,770	-0,43
	3	9,560	4	9,400	5	9,500
	9,570	+0,01	9,670	+0,27	9,570	+0,07
-2% ↓	6	9,340	7	9,500	8	8,340
	9,370	+0,03	9,470	-0,03	9,370	+1,03

Balanceamento de cortes e aterros:

Na sistematização de terreno, o ideal é que a **soma das alturas de corte** seja igual à **soma das alturas de aterro**, não havendo necessidade de transporte de terra de áreas externas, ou sua retirada da área sistematizada. Assim, a movimentação de terra deve ficar restrita à área de sistematização.

O balanceamento visa igualar as alturas de corte e aterro ($\sum \text{cortes} = \sum \text{aterros}$), distribuindo a diferença $\sum \text{cortes} - \sum \text{aterros}$ em todas as estacas da área sistematizada.

No exemplo do terreiro de secagem de grãos, obteve-se:

$$\sum \text{cortes} = 0,69 \text{ m}$$

$$\sum \text{aterros} = 1,41 \text{ m}$$

$$N = 9 \text{ estacas}$$

Alteração nas cotas de greide:

$$\text{Alteração} = \frac{\sum \text{cortes} - \sum \text{aterros}}{N}$$

$$\text{Alteração} = \frac{0,69 - 1,41}{9}$$

$$\text{Alteração} = -0,08$$

Como $\sum \text{aterros} > \sum \text{cortes}$, o plano de sistematização deve ser rebaixado em 0,08 m.

Plano de sistematização recalculado:

<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">← - 1%- 1% →</div>						
	0	10,000	1	9,870	2	10,200
	9,690	-0,31	9,790	-0,08	9,690	-0,51
<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"><div style="width: 10px; height: 100px; border-left: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"></div><div style="margin-bottom: 5px;">-2%</div><div style="width: 10px; height: 10px; border-left: 1px solid black; border-bottom: 1px solid black;"></div></div>	3	9,560	4	9,400	5	9,500
	9,490	-0,07	9,590	+0,19	9,490	-0,01
	6	9,340	7	9,500	8	8,340
	9,290	-0,05	9,390	-0,11	9,290	+0,95

Refazendo os cálculos, encontraremos $\sum \text{cortes} = 1,14 \text{ m}$ e $\sum \text{aterros} = 1,14 \text{ m}$.

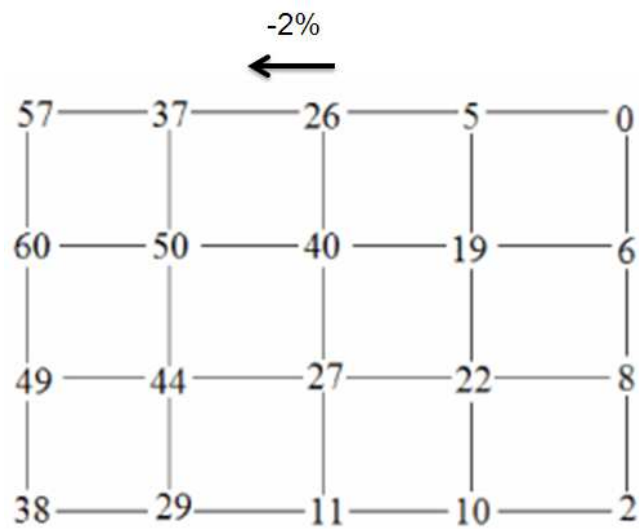
Exercício:

1) Dadas as cotas originais (em cm) de uma área com espaçamento regular entre estacas de 20 m x 20 m, determine:

a) A cota média

b) Os pontos de corte e de aterro

c) A profundidade de corte e a altura de aterro nos pontos, para que o terreno fique com declividade de 2% no sentido leste oeste.



TRABALHO EM GRUPO:

- Interpolação de Curvas de Nível - Sistematização de Terreno

Total de alunos de Topografia II: ____ (formar grupos de ____ alunos)

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
1 -	1 -	1 -	1 -
2 -	2 -	2 -	2 -
3 -	3 -	3 -	3 -
4 -	4 -	4 -	4 -
5 -	5 -	5 -	5 -

Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7	Grupo 8
1 -	1 -	1 -	1 -
2 -	2 -	2 -	2 -
3 -	3 -	3 -	3 -
4 -	4 -	4 -	4 -
5 -	5 -	5 -	5 -

Observação: O aluno de número 1, será o representante do grupo e, portanto, o responsável pelo bom uso e devolução de equipamentos.

ATIVIDADES:

- **Grupos 1 e 2:** demarcar uma **ÁREA A** (de pelo menos 2000 m²), de livre escolha, de pelo menos 4 lados;
- **Grupos 3 e 4:** demarcar uma **ÁREA B** (de pelo menos 2000 m²), de livre escolha, de pelo menos 4 lados;
- **Grupos 5 e 6:** demarcar uma **ÁREA C** (de pelo menos 2000 m²), de livre escolha, de pelo menos 4 lados;
- **Grupos 7 e 8:** demarcar uma **ÁREA D** (de pelo menos 2000 m²), de livre escolha, de pelo menos 4 lados;

Sugestão: áreas sem presença de vegetação alta. Preferível que os grupos trabalhem em local próximo.

Em cada Área (A, B, C e D), os respectivos grupos devem se organizar para fazer o seguinte:

- Fazer com o teodolito o levantamento por caminhamento pelos ângulos internos da área;
- Locar com a trena uma malha de pelo menos 24 pontos (estacas numeradas), no espaçamento 8 x 8 m ou 10 x 10 m;
- A malha seguirá as direções norte-sul e leste-oeste (utilizar bússola, baliza ou régua, para alinhar os pontos nessas direções).
- Determinar a cota dos pontos do perímetro e da malha.

Cada grupo deve entregar na data: ____/____/____

- 1) Planilha de dados do levantamento da área por caminhamento, contendo: leituras de Fios (FI, FM, FS), ângulo horizontal/azimute, ângulo vertical, DH, compensação do erro angular e ângulos corrigidos.
- 2) Planilha de cotas originais (do terreno) da malha de pontos, contendo: estação, estaca, AI, FM, DN e Cota.
- 3) Planta planialtimétrica da área, especificando o perímetro, a área total e a cota dos pontos;
- 4) Cálculo de interpolação e plotagem das curvas de nível na planta planialtimétrica

Grupos 1 e 3: as curvas de nível serão espaçadas 0,3 m entre si

Grupos 2 e 4: as curvas de nível serão espaçadas 0,25 m entre si

Grupos 5 e 7: as curvas de nível serão espaçadas 0,20 m entre si

Grupos 6 e 8: as curvas de nível serão espaçadas 0,24 m entre si

- Sistematização do terreno:

- 5) Apresentar esquema com todos os pontos da malha, determinar a cota média e as alturas de corte/aterro para nivelar o terreno.

6) Apresentar esquema com cota original do terreno, cota de greide e alturas de corte (-) ou de aterro (+), conforme as declividades:

Grupos	Declividade de sistematização
Grupo 1	4% (norte-sul) e 1,5% (leste oeste)
Grupo 2	2,5% (norte-sul) e 3% (oeste-leste)
Grupo 3	2,0% (sul-norte) e 1,5% (oeste-leste)
Grupo 4	1,5% (norte-sul) e 2,0% (oeste-leste)
Grupo 5	4% (norte-sul) e 1,5% (leste oeste)
Grupo 6	2,5% (norte-sul) e 3% (oeste-leste)
Grupo 7	2,0% (sul-norte) e 1,5% (oeste-leste)
Grupo 8	1,5% (norte-sul) e 2,0% (oeste-leste)

7) **O Balanceamento de cortes e aterros para que:** $\sum \text{alturas corte} = \sum \text{alturas aterro}$, indicando se o plano de sistematização deve ser rebaixado ou erguido (aterro); e finalmente, apresentar o plano de sistematização recalculado, com as novas cotas de greide e alturas de corte e aterro.

OBSERVAÇÃO: ao fazer medições na malha, colocar a régua ao lado da estaca, pois as cotas se referem ao nível da superfície do solo, e não ao nível da estaca.

7 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13133: Execução de levantamento topográfico**. Rio de Janeiro, 1994. 35p.

BERTOLINI, D.; GALETTI, P. A.; DRUGOWICH, M. I. Tipos e formas de terraços. In: SIMPÓSIO SOBRE TERRACEAMENTO AGRÍCOLA, 1988, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1989. p.79-98.

CASACA, J.M.; MATOS, J.L. de; DIAS, J.M.B. **Topografia geral**. Tradução de SILVA, L.F.C.F. da.; CORRÊA, D.C.. 4 ed., Rio de Janeiro: LTC, 2007. 208p.

COMASTRI, J. A.; GRIPP JUNIOR, J. **Topografia aplicada: medição, divisão e demarcação**. Viçosa: UFV, Impr. Univ., 1990. 203 p.

COMASTRI, J. A.; TULER, J. C. **Topografia: altimetria**. 3. ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 2005. 200 p.

LOMBARDI NETO, F.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; LEPSCH, I. F.; OLIVEIRA, J. B.; BERTOLINI, D.; GALETI, P. A.; DRUGOWICH, M. I. **Terraceamento agrícola**. Campinas: Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado de São Paulo, Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1994. 39p. Boletim Técnico CATI, 206.

McCORMAC, J.C. **Topografia**. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007. 391 p.

OLIVEIRA, G. C.; PEREIRA, J. C.; MESQUITA, M. da G. B. F. Espaçamento entre terraços em função dos fatores que afetam as perdas por erosão. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 1992. v. 16 n.176. p. 51-56.