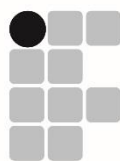


**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA**
Departamento Acadêmico da Construção Civil
Curso Técnico em Agrimensura

LOCAÇÃO E MONITORAMENTO TOPOGRÁFICO DE OBRAS

**SÉRIE: TOPOGRAFIA E AGRIMENSURA PARA CURSOS
TÉCNICOS**

**Prof. Rovane Marcos de França
Prof. Cesar Rogério Cabral
Prof. Markus Hasenack
Prof. Arthur Peixoto Berbert Lima**



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

**Florianópolis-SC
2018**

Curso Técnico em Agrimensura:

Av. Mauro Ramos, 950, Centro, Florianópolis - Santa Catarina

CEP: 88020-300

Telefone: (48) 3321-6061

<http://agrimensura.florianopolis.ifsc.edu.br>

Reitoria:

Rua 14 de Julho, 150, Coqueiros, Florianópolis - Santa Catarina

CEP: 88075-010

Telefone: (48) 3877-9000 / Fax: (48) 3877-9060

www.ifsc.edu.br

Reprodução total ou parcial dessa obra autorizada pelos autores e pela instituição para fins educativos e não comerciais.

L811

Locação e monitoramento topográfico de obras: topografia e agrimensura para cursos técnicos [recurso eletrônico] / Rovane Marcos de França... [et al.] – Florianópolis: IFSC, 2018.

1 Livro digital.

69 p.: il.

Vários autores.

Inclui referências.

ISBN 97885XXXXXXX

1. Obras. 2. Locação. 3. Monitoramento. I. França, Rovane Marcos de.

CDD 526.98

Sistema de Bibliotecas Integradas do IFSC

Biblioteca Dr. Hercílio Luz – Câmpus Florianópolis

Catalogado por: Edinei Antonio Moreno CRB 14/1065

**SUMÁRIO**

1. LOCAÇÃO DE OBRAS	5
1.1. LINHA DE INUNDAÇÃO	5
1.1.1. Interpretação do projeto	6
1.1.2. Serviços preliminares	8
1.1.3. Criação de pontos de projeto	8
1.1.4. Formas de Materialização	8
1.1.5. Técnicas de Locação	8
1.1.5.1. Nivelamento Geométrico	8
1.1.5.2. Nivelamento Trigonométrico	9
1.1.5.3. Nivelamento RTK	11
1.1.5.4. Perpendículo (Pé de Galinha)	12
1.2. LIMITES DE IMÓVEIS	13
1.2.1. Interpretação da matrícula	13
1.2.2. Serviços preliminares	13
1.2.3. Projeção da matrícula	13
1.2.4. Criação de pontos de projeto	13
1.2.5. Formas de Materialização	13
1.2.6. Técnicas de Locação	15
1.2.6.1. Coordenadas Polares	15
1.2.6.2. Coordenadas Retangulares	17
1.3. EDIFICAÇÕES	17
1.3.1. Interpretação do projeto	17
1.3.2. Serviços preliminares	23
1.3.3. Criação de pontos de projeto	23
1.3.4. Formas de Materialização	23
1.3.5. Técnicas de Locação	26
1.3.5.1. Pitagórico	26
1.3.5.2. Coordenadas Polares	27
1.3.5.3. Interseção Linear	27
1.3.5.4. Alinhamento	28
1.3.5.5. Coordenadas Retangulares	28
1.3.5.6. Projeções (Catetos)	28
1.3.5.1. Nivelamento Geométrico	29
1.3.5.2. Nivelamento Trigonométrico	30
1.3.5.3. Nivelamento por Mangueira	32
1.3.5.4. Nivelamento Laser	32
1.4. DUTOS E REDES SUBTERRÂNEAS	33
1.4.1. Interpretação do projeto	33
1.4.2. Serviços preliminares	34
1.4.3. Criação de pontos de projeto	34
1.4.4. Formas de Materialização	34
1.4.5. Técnicas de Locação	37
1.4.5.1. Coordenadas Polares	37
1.4.5.2. Coordenadas Retangulares	37
1.4.5.3. Trena	37
1.4.5.4. Nivelamento Geométrico	37
1.4.5.5. Nivelamento Trigonométrico	37
1.4.5.6. Nivelamento RTK	37
1.5. PARCELAMENTOS	37
1.5.1. Interpretação do projeto	37
1.5.2. Serviços preliminares	37
1.5.3. Criação de pontos de projeto	38



1.5.4.	Formas de Materialização	39
1.5.5.	Técnicas de Locação	39
1.5.5.1.	Coordenadas Polares	39
1.5.5.2.	Coordenadas Retangulares.....	40
1.6.	OBRAS DE ARTE ESPECIAIS.....	40
1.6.1.	Interpretação do projeto	41
1.6.2.	Orientação topográfica em campo.....	43
1.6.3.	Criação de pontos de projeto.....	45
1.6.4.	Levantamento como construído (as built).....	45
1.7.	TERRAPLENAGEM.....	46
1.7.1.	Interpretação do projeto	46
1.7.2.	Serviços preliminares	48
1.7.3.	Criação de pontos de projeto.....	49
1.7.4.	Formas de Materialização	49
1.7.5.	Técnicas de Locação	51
1.7.5.1.	Coordenadas Polares	51
1.7.5.2.	Nivelamento Trigonométrico.....	51
1.7.5.3.	Coordenadas Retangulares.....	51
1.7.5.4.	Nivelamento Geométrico.....	51
1.7.5.5.	Nivelamento com RTK.....	52
1.7.5.6.	Offset.....	52
1.8.	TÚNEIS.....	55
1.9.	INDUSTRIAL	63
1.10.	TORRES.....	64
2.	MONITORAMENTO.....	68
2.1.	VERTICALIDADE	69
2.1.1.	Flechas	69
2.1.2.	Recalque	69
2.1.3.	Oscilação	70
2.2.	HORIZONTALIDADE	71
2.2.1.	Prumo	72
2.2.2.	Deslocamentos	73
2.3.	GRADIENTE	73

1. LOCAÇÃO DE OBRAS

1.1. LINHA DE INUNDAÇÃO

A linha de inundação é uma linha imaginária no terreno na altitude determinada. Como a água é represada, o nível do lago é único, sendo a linha de inundação uma curva de nível. A cota máxima do reservatório de uma barragem também é conhecida como cota máxima *maximorum*. Este nível máximo do NA (nível da água) é definido no projeto da barragem.



Curva de nível de uma linha de inundação de uma barragem

Fonte: André Hernandez - <https://www.flickr.com/photos/24646383@N04/2330872197>



Igreja de Itá sendo preparada para inundação

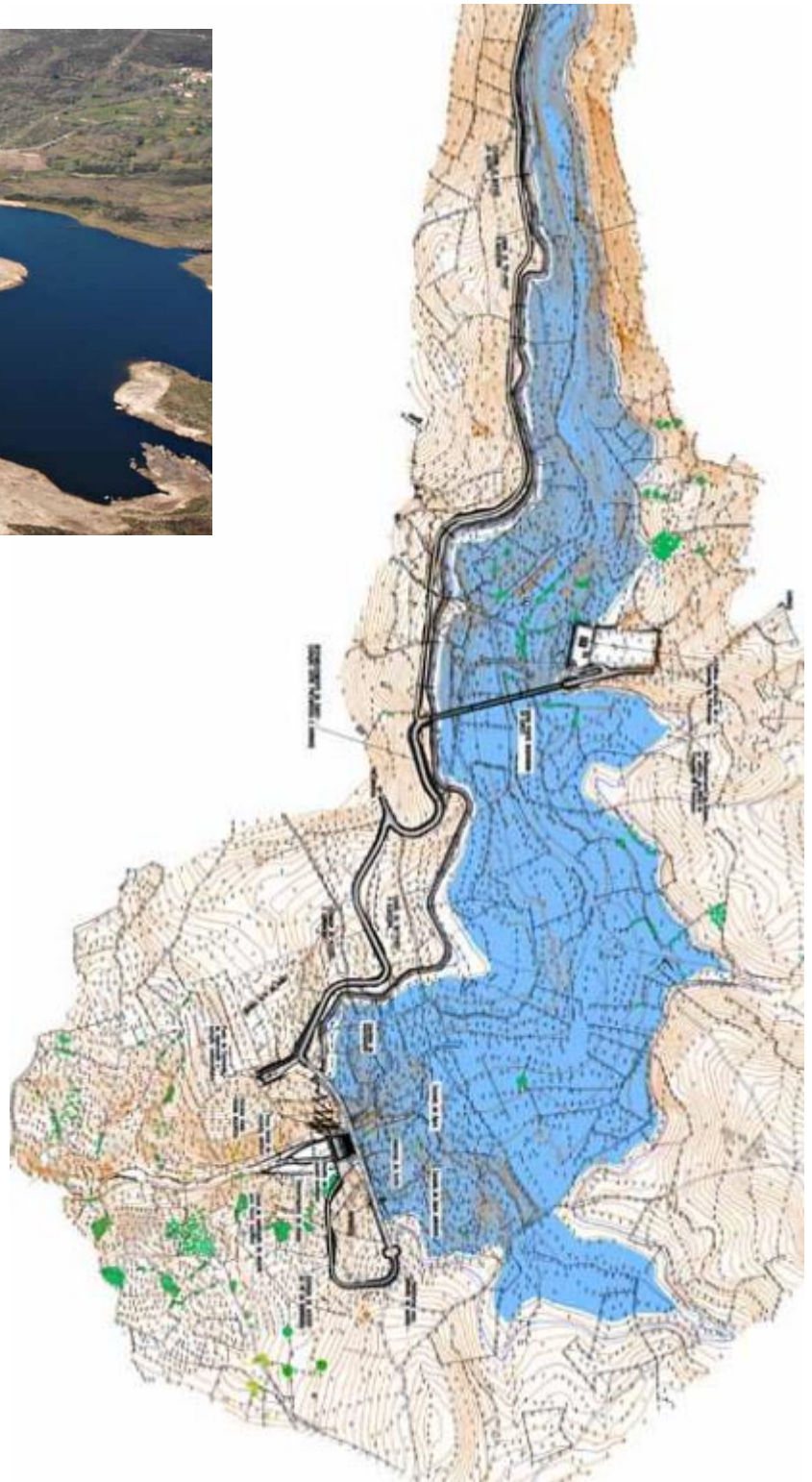
Fonte: <http://jornais.adjorisc.com.br/>



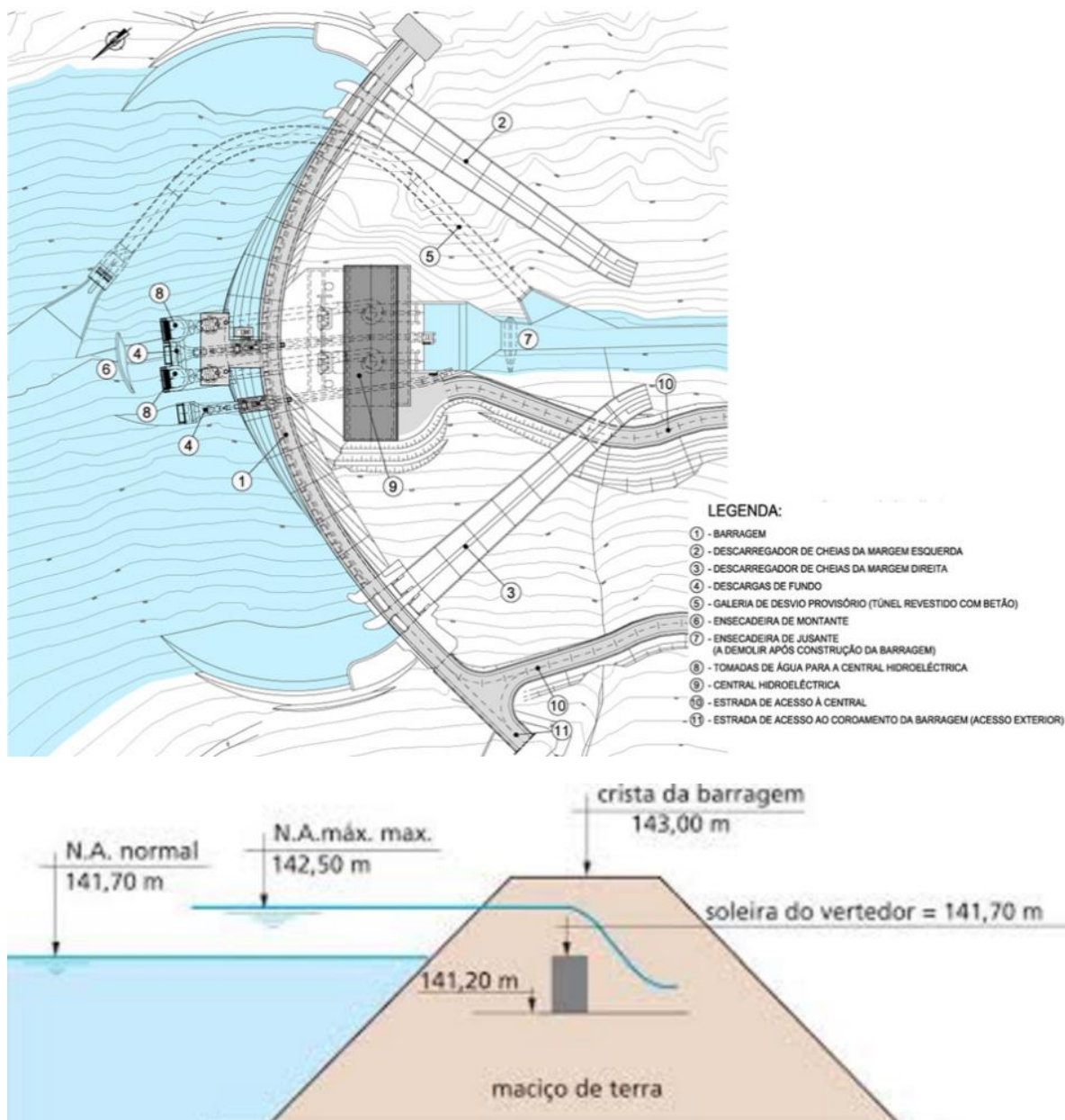
Igreja de Itá após inundação do reservatório

Fonte: <http://wikimapia.org/3285589/pt/Torres-da-Antiga-Igreja-de-It%C3%A1>

1.1.1. Interpretação do projeto



Projeto de uma Barragem x fotografia da realidade
Fonte:



No relatório de apresentação do projeto também terá a cota máxima de inundação (máxima *maximorum*) que deveremos local. A seguir um exemplo de descritivo.

BARRAGEM

O arranjo prevê Barragem de Terra no leito do rio e ombreiras de Barragem de enrocamento com núcleo de Argila junto às estruturas de concreto. A Barragem possui altura máxima de 16 m e comprimento total de cerca de 1.495 m, excluídas as estruturas de concreto.

A crista da Barragem possui 6,00 m de largura e cota de coroamento na El. 515,00m com N.A. Normal na elevação 512,00 m e N.A. Máximo Maximorum na elevação 513,00 m.

VERTEDOURO

O Vertedouro do tipo Descarregador de Fundo, localizado na margem esquerda, é composto por 3 (três) aberturas de 6,28 m de largura por 8,90 m de altura, com a cota da soleira na El. 497,00 m. Foi dimensionado para escoar uma vazão de 1.835 m³/s, correspondente à cheia com período de recorrência de 1.000 anos e Nível Máximo Maximorum do reservatório na El. 513,00 m. Maximorum do reservatório na El. 513,00 m.

CIRCUITO DE GERAÇÃO PRINCIPAL

A Tomada de Água principal será uma estrutura em concreto incorporada ao Barramento, com soleira na El. 500,00 m. Possui 3 (três) vãos de 4,60 m de largura por 4,60 m de altura.

Os três Condutos Forçados locados a céu aberto serão confeccionados em aço e revestidos em concreto, e possuem seção circular com diâmetro de 4,60 m.

A Casa de Força será abrigada contendo três unidades geradoras do tipo Kaplan “S” com potência unitária máxima nos bornes do gerador de 9,50 MW, perfazendo um total de 28,50 MW de potência instalada.

CIRCUITO DE GERAÇÃO COMPLEMENTAR

A Tomada de Água complementar será uma estrutura em concreto incorporada ao Barramento, com soleira na El. 500,70 m. Acoplada a esta Tomada de Água será instalada na casa de Força complementar uma unidade geradora do tipo Kaplan Vertical, perfazendo uma potência instalada de 1,50 MW nos bornes do gerador.

RESERVATÓRIO

O Barramento propiciará a formação do reservatório que, no N.A. Normal (El. 512,00 m), terá volume de 38,31 hm³ e área inundada de aproximadamente 8,39 km², incluindo-se a calha do rio.

1.1.2. Serviços preliminares

Antes de iniciar a locação da linha de inundação, é necessário densificar as RRNN fazendo o transporte com nivelamento geométrico, ou trigonométrico ou GNSS. RRNN próximos da linha de inundação agilizarão o processo de locação. Para fazer a locação com nivelamento geométrico ou trigonométrico, o espaçamento entre as RRNN deve ser de no máximo 500m. Se a locação for com RTK, o espaçamento dependerá do alcance de rádio a ser utilizado, mas estamos falando na ordem de alguns km.

1.1.3. Criação de pontos de projeto

Não há necessidade de criação de pontos de projeto, pois a locação será somente da altitude. A planimetria da curva de nível da inundação será encontrada em campo em função da sua altitude.

Não deve-se criar pontos sobre a curva de nível oriunda do MDT, pois a mesma é uma representação matemática a partir de um modelo matemático e não a curva de nível real em campo.

1.1.4. Formas de Materialização

Na linha de inundação são cravadas estacas grandes numa distância especificada pelo contratante, dependendo da irregularidade do terreno. Em terrenos planos, pode-se locar a cada 50m. Em terrenos acidentados, distâncias maiores de 20m não são recomendadas.

1.1.5. Técnicas de Locação

1.1.5.1. Nivelamento Geométrico

O Nivelamento Geométrico é aquele que realiza a medida da diferença de nível entre pontos do terreno por intermédio de leituras correspondentes a visadas horizontais, obtidas com um nível, em miras colocadas verticalmente nos referidos pontos.

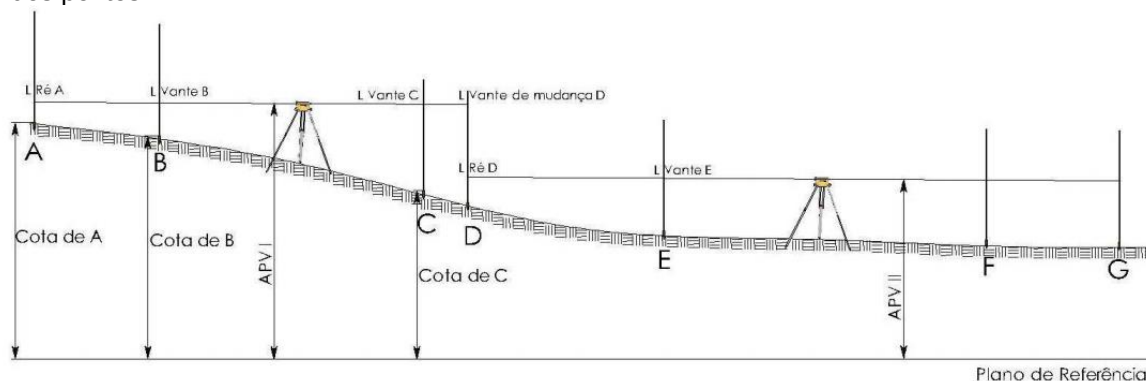


Figura 1: Nivelamento Geométrico

Para calcularmos a altura do plano de visada usamos a equação 1:

$$APV = C_A + Lr_A$$

Onde:



APV = Altura do Plano de Visada

C_A = Cota do ponto A (RN)

L_{rA} = Leitura no ponto A (Ré)

Para calcularmos a cota do ponto usamos a equação 2:

$$C_B = APV - L_B$$

Onde:

C_B = Cota do ponto B

L_B = Leitura efetuada no ponto B

Entretanto, na locação, o que queremos é determinar é a leitura na régua que uma cota pré-determinada terá em campo, e para isso reescrevemos a equação 2 da seguinte forma:

$$L_B = APV - C_B$$

Onde:

C_B = Cota de projeto do ponto B

L_B = Leitura a ser efetuada no ponto B

EXEMPLO

O projeto de uma barragem indica a cota máxima *maximorum* de 142,500. A RN mais próxima possui cota de 143,729. Efetuar a locação da linha de inundação com precisão de 3cm.

A leitura da mira na visada da RN foi de 1,832 → $APV = 143,729 + 1,832 = 145,561$

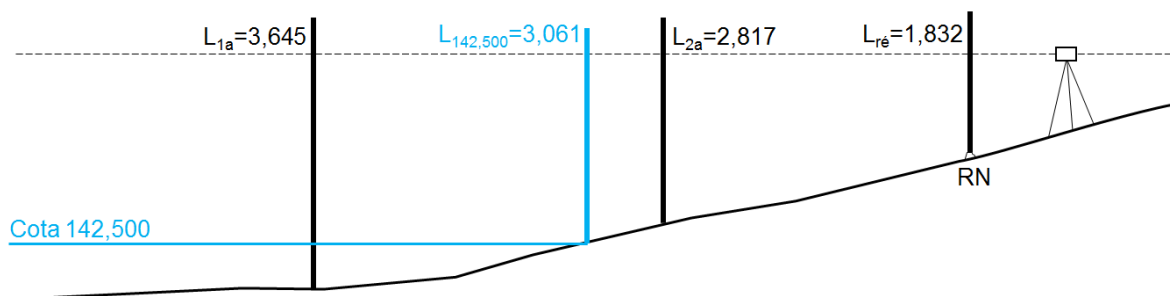
Para locar a cota 142,500 devemos calcular a leitura da mira → $L_{142,500} = 145,561 - 142,500 = 3,061$

Portanto quando a mira estiver no solo e a leitura for 3,061 significa que a cota do solo é 142,500.

A locação deve-se fazer por tentativa posicionando a mira no solo e fazendo a leitura.

Na 1ª tentativa a leitura na mira foi 3,645. Isso significa que a mira tem que ser posicionada numa cota mais alta para que a leitura diminua até chegar em 3,061. Como referência deve-se orientar o auxiliar que ele deve subir aproximadamente 60cm.

Na 2ª tentativa a leitura na mira foi 2,817. Portanto a mira agora deve ir para um ponto mais baixo para que a leitura aumente, buscando chegar na leitura 3,061. O auxiliar deve ser informado que ele deve descer aproximadamente 25cm.



Na 3ª tentativa a leitura foi de 3,022. Portanto a mira deve ser posicionada cerca de 4cm abaixo ainda.

Na 4ª tentativa a leitura foi de 3,077. Como a diferença foi menor que 3cm, será nesta posição que a estaca deve ser cravada, indicando até onde haverá inundação.

Observações:

- quando a leitura calculada for negativa, é porque a APV é menor que Cota a ser locada. Portanto deve-se fazer uma mudança na posição do Nivel para um ponto mais alto.

- quando a leitura calculada for maior que a mira, deve-se fazer uma mudança na posição do Nivel para um ponto mais baixo.

1.1.5.2. Nivelamento Trigonométrico

O nivelamento trigonométrico é o cálculo de desnível utilizando estações totais. Tem como vantagem visadas fora do plano horizontal, o que permite locar pontos em locais com grande desnível.

O desnível do ponto A (estação) até o ponto B (visado) pode ser calculado da seguinte forma:

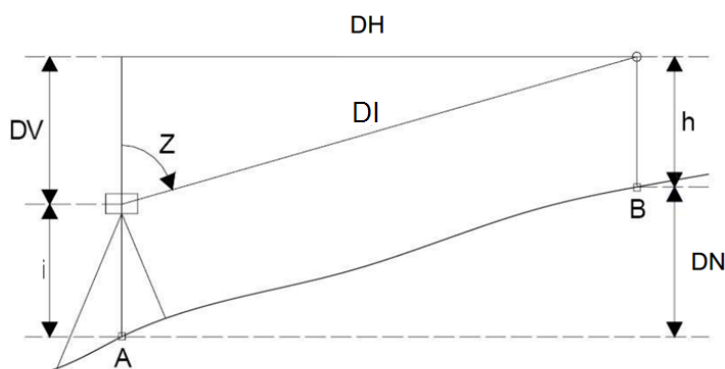


Figura 2: Diagrama Altimetria com Estação Total

$$DN = +i - h + DV$$

Onde:

DN = Desnível da estação ao ponto

i = Altura do instrumento

h = Altura do prisma

DV = Distância vertical

E a distância vertical é dada por:

$$DV = DI \cdot \cos Z$$

Onde:

DI = Distância inclinada

Z = Ângulo formado entre o zênite e a linha de visada

Se visarmos em campo 2 pontos B e C a partir da estação A, podemos calcular o desnível entre B e C da seguinte forma:

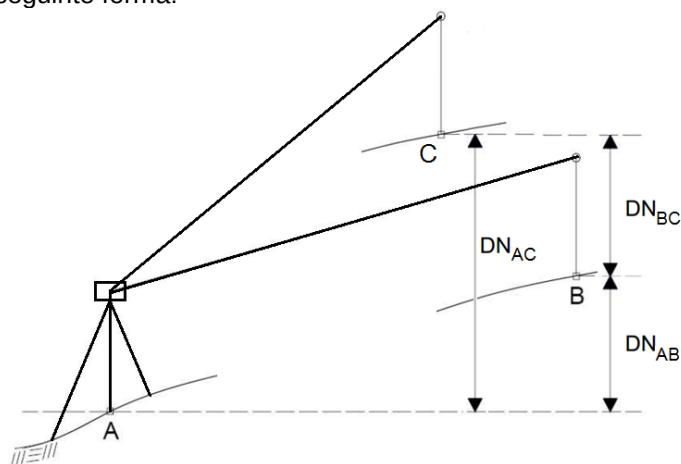


Figura 3: Diagrama Final Nivelamento Trigonométrico

$$DN_{AB} = +i_A - h_B + DV_{AB}$$

$$DN_{AC} = +i_A - h_C + DV_{AC}$$

Subtraindo as equações 3 e 4 uma da outra:

$$DN_{BC} = DN_{AC} - DN_{AB}$$

$$DN_{BC} = +i_A - h_C + DV_{AC} - (+i_A - h_B + DV_{AB})$$

$$DN_{BC} = +i_A - h_C + DV_{AC} - i_A + h_B - DV_{AB}$$

Observe que as alturas do instrumento são iguais e, portanto, eliminadas. Elimina-se também o erro desta medição de campo.

$$DN_{BC} = -h_C + DV_{AC} + h_B - DV_{AB}$$

Podemos simplificar ainda mais, usando alturas do prisma iguais: (Se $h_C = h_B$)

$$DN_{BC} = DV_{AC} - DV_{AB}$$

No processo de locação temos a seguinte situação: considerando B a RN e C o ponto em que se quer locar uma determinada cota, precisamos conhecer então a DV_{AC} para locar ela em campo. Reescrevendo a equação 9 em função de $DV_{AC} = DV_{VANTE}$:

$$DV_{VANTE} = DN + DV_{RE}$$

As estações totais possuem software interno para os cálculos de distância e desnível entre pontos visados. Estes programas agilizam bastante o processo de locação, pois bastará saber o desnível a ser implantado fazendo:

$$DN = \text{Cota Projeto} - \text{Cota RN}$$

EXEMPLO

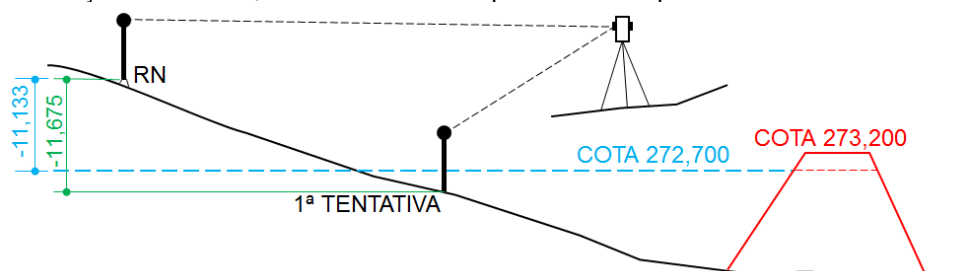
Um açude ficará na cota 273,200 e o vertedouro na cota 272,700. Foi feito o transporte da RN para o local da obra utilizando Nivelamento Geométrico e a cota da RN foi calculada e ajustada foi de 283,833. Efetuar a locação da linha de inundação com precisão de 3cm.

$$DN = \text{Cota Projeto} - \text{Cota RN} = 272,700 - 283,833 = -11,133$$

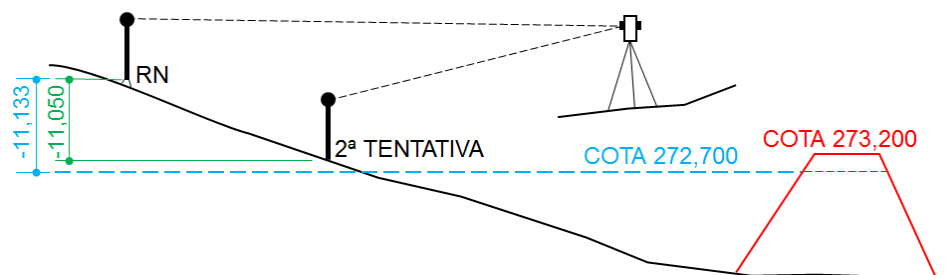
Usando o programa da estação total para calcular o desnível entre pontos, foi adotado como ponto inicial a RN e como ponto final, um ponto no terreno onde se imagina ser a linha de inundação. No display da estação total apresentou a seguinte medição:

MLM		★	■
Pt Ini	28	▼	Fixar
PtIni --> MedePt			
DH	121.656 m		
DV	-11.675 m	Salvar	
DI	122,215 m	Medir	
HR	356.1615 dms		
X		Medi	Data Graf
06:13			

O desnível da RN até onde está o bastão, foi de -11,675. Portanto o bastão tem que ir para um ponto no terreno mais alto para se aproximar de -11,133. Como orientação ao auxiliar, devemos solicitar que ele suba aproximadamente 54cm.



Na próxima medição, o desnível foi de -11,050. Portanto agora o bastão deve descer cerca de 8cm.



Na 3ª tentativa, o desnível foi de -11,151. Portanto está dentro do tolerável (3cm) e a estaca pode ser cravada nesta posição.

1.1.5.3. Nivelamento RTK

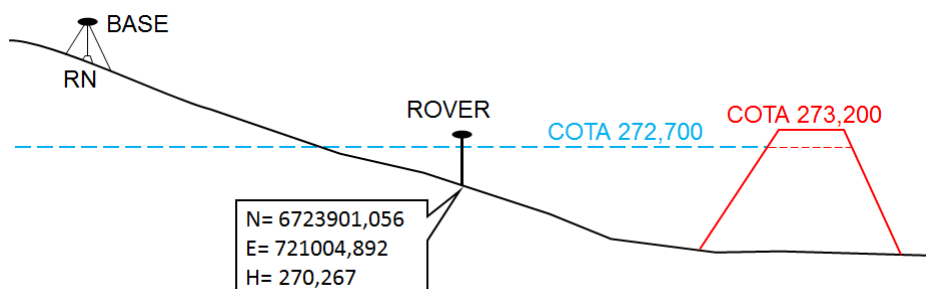
O posicionamento com GNSS RTK calcula as coordenadas do receptor em tempo real (instantaneamente) informando inclusive a altitude.

Para fazer a locação de uma determinada cota, comparar diretamente com a cota medida pelo RTK e então reposicionar o bastão até que a cota medida seja igual a requerida (dentro da tolerância).

O procedimento em campo é bem simples tecnicamente falando, porém o posicionamento GNSS possui particularidades que serão vistas na Unidade Curricular GNSS que merecem grande atenção quanto aos tipos de altitude.

EXEMPLO

Fazendo a locação da Linha de inundação da barragem do exemplo anterior, no receptor Rover teremos as coordenadas em tempo real, inclusive a altitude. No exemplo abaixo será necessário subir o bastão 2,40m aproximadamente.



1.1.5.4. Perpendículo (Pé de Galinha)

Consiste em transportar o nível de um ponto A para um ponto B sobre o terreno, de forma expedita com auxílio de um instrumento denominado Perpendículo. Este instrumento geralmente é construído artesanalmente, em madeira e com o formato da letra A (maiúscula).

Os dois pontos que tocam o solo estarão num mesmo nível quando atenderem uma das duas situações: Um fio de prumo fixado no vértice da parte superior sobrepõe a marcação na barra horizontal ou utilizando um nível de pedreiro conforme a figura 4.

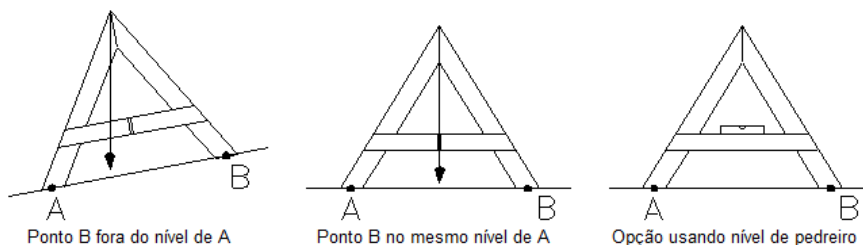


Figura 4: Perpendículos

Na prática, determina-se outro ponto no mesmo nível mantendo-se uma base no chão como ponto de giro e com a outra se procura no terreno outro ponto no qual o fio de prumo sobrepõe à marca de horizontalidade. Esta técnica pode ser utilizada para a demarcação de curvas de nível na agricultura conforme ilustra a figura 5.

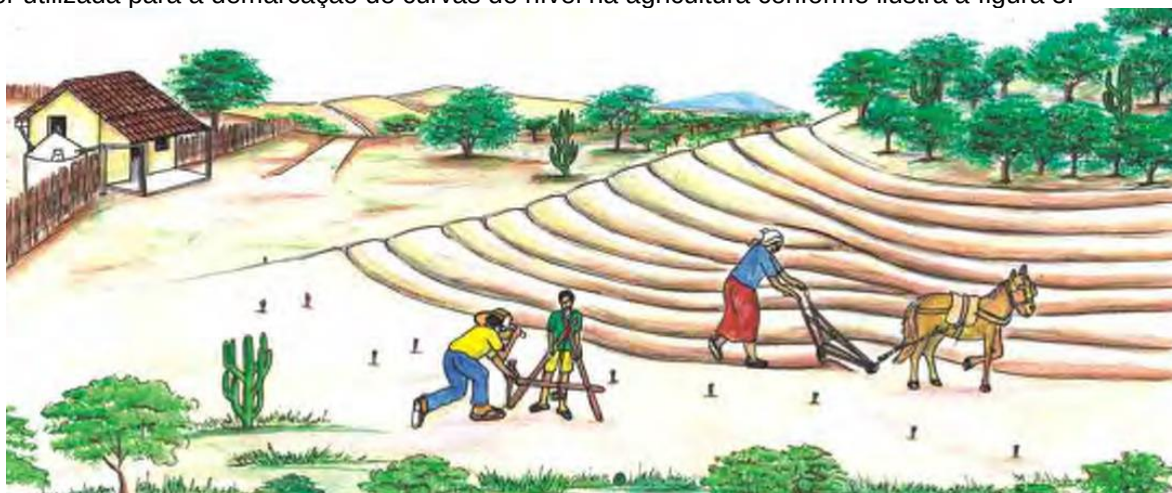


Figura 5: Locação das curvas de nível com uso de um perpendículo.

Fonte: <http://www.irpaa.org/publicacoes/cartilhas/a-roca-no-sertao.pdf>

A figura 6 apresenta um perpendículo com fio de prumo e a figura 7 um com o nível de pedreiro.



Figura 6: Perpendículo com pêndulo

Fonte:

https://pt.wikiversity.org/wiki/Portal:Agricultura_Biodin%C3%A2mica/Visitas_a_Campo



Figura 7: Perpendículo com nível de pedreiro

Fonte: <http://lingasustentavel.blogspot.com.br/2010/10/direcoes-para-agricultura.html>

Uma solução bem comum principalmente em pequenas obras (açudes e lagos) para economizar na topografia, é a locação a cada 200m e os pontos intermediários fazer com o perpendículo.

1.2. LIMITES DE IMÓVEIS

A locação dos limites de imóveis são locações apenas planimétricas dos vértices ou dos alinhamentos por eles formados. Também conhecido como demarcação, aviventação de rumos ou assinalação dos limites.

1.2.1. Interpretação da matrícula

A consulta das informações na certidão da matrícula do registro do imóvel é FUNDAMENTAL para que possamos definir os limites do imóvel a ser locado. Nela consta as dimensões legais do imóvel, mas que poucas vezes espelham a realidade. É comum o que existe “de fato” não coincidir com o “de direito”. Esta não coincidência pode estar associada a vários motivos que produziram erros nos documentos bases para o registro ou mesmo nas mudanças dos limites após o seu registro. São alguns motivos do “de fato” não coincidir com o “de direito”:

- ausência de levantamento topográfico;
- levantamentos topográficos errados;
- levantamentos topográficos com informações apenas lineares;
- uso do projeto de um loteamento para registro dos imóveis;
- locação anterior dos limites executado sem acompanhamento topográfico;
- má fé dos proprietários lindeiros.

Além da certidão da matrícula do imóvel a ser locado, é fundamental que tenhamos também as certidões das matrículas dos imóveis lindeiros.

Quando o imóvel não tiver matrícula no Registro de Imóveis, deve-se buscar informações em outros documentos na sequência de importância:

- Transcrição do imóvel: Anteriormente à Lei 6015/73 adotava-se a transcrição das transmissões, a qual poderia incluir, num mesmo ato registral, dois ou mais imóveis. A partir desta data, foi introduzido o sistema de matrículas, que vigora até hoje. Pelo novo sistema, cada imóvel terá matrícula própria e cada matrícula corresponderá a um único imóvel;
- Títulos de domínio: escritura pública, formal de partilha, carta de arrematação, sentença de usucapião, e título de legitimação de terras devolutas;
- Peças técnicas: projetos, plantas, memoriais descritivos e cadernetas de campo de levantamento topográficos relacionadas ao imóvel e/ou aos confrontantes;
- Documentos de compra e venda, registrados em tabelionato ou não;
- Nos casos de imóveis passíveis de titulação, deverão ser observados os limites de respeito, além das indicações anteriores.

1.2.2. Serviços preliminares

O levantamento topográfico imediatamente anterior à locação permitirá que sejam dirimidas quaisquer dúvidas sobre o posicionamento do imóvel.

Em imóveis que não existam sistema de coordenadas, é fundamental esta etapa para criação de um sistema (mesmo que arbitrário) para que elementos definidores em campo possam estar num mesmo sistema dos pontos de apoio. Assim a locação poderá ser feita de forma segura e podendo ser previsto todos os problemas de confrontações antes da locação, evitando perda de tempo para uma eventual mudança na posição dos limites.

Em casos de limites óbvios, esta etapa pode ser descartada, porém é recomendada.

1.2.3. Projeção da matrícula

Esta etapa é bastante crítica, pois poucas matrículas trazem informações suficientes para a locação. Poucos imóveis são georreferenciados e com isso acaba-se tendo que se fazer uso de elementos em campo para a orientação da projeção da matrícula. É bastante comum matrículas conterem informações insuficiente para sua definição geométrica, como:

- somente distâncias;
- somente área;
- nenhuma informação técnica.

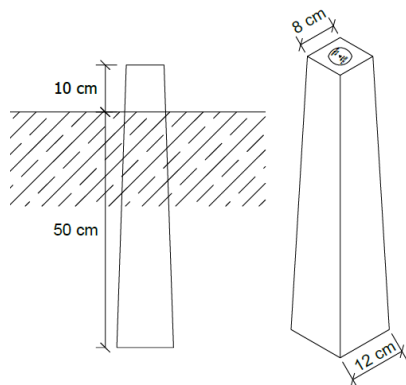
Por este motivo é FUNDAMENTAL que os documentos associados ao imóvel sejam de fato consultados, evitando que sejam postergados os problemas existentes.

1.2.4. Criação de pontos de projeto

Com o projeto no sistema de coordenadas dos pontos de apoio, é necessária a criação dos pontos de interesse do projeto para então transferir para a estação total. Estações que permite a transferência de arquivo gráfico diretamente de um CAD, este passo pode ser suprimido.

1.2.5. Formas de Materialização

Marco de Concreto: Sugere-se o traço 1:3:4:0,5 (cimento:areia:brita:água), sem ferragem, no formato tronco de pirâmide. O Incra sugeriu as dimensões 8x12x60cm, que é bem esbelto e facilita o transporte.



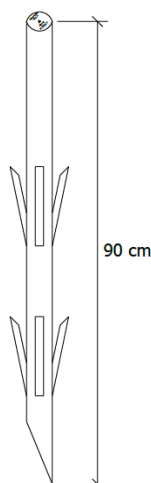
Marco sintético: Material ou resina sintéticos (plástico ou epoxy). Tem como vantagem o peso para transporte. Sua durabilidade pode atingir facilmente os 300 anos, mas é pouco resistente ao fogo (não recomendado para áreas agricultáveis).



Marco de pedra: Pedra cortada com faces irregulares não polidas para gerar atrito com o solo.



Marco metálico: Haste metálica galvanizada. O Incra sugere o diâmetro de 50mm e altura de 90cm. Deve ter algum sistema que dificulte o arrancamento.



Piquetes: A demarcação com piquetes deve ser somente em casos de marcação provisória. Utilizado quando em pouco tempo será construído um muro ou cerca para materializar os limites.



<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/38/artigo225281-1.aspx>

1.2.6. Técnicas de Locação

1.2.6.1. Coordenadas Polares

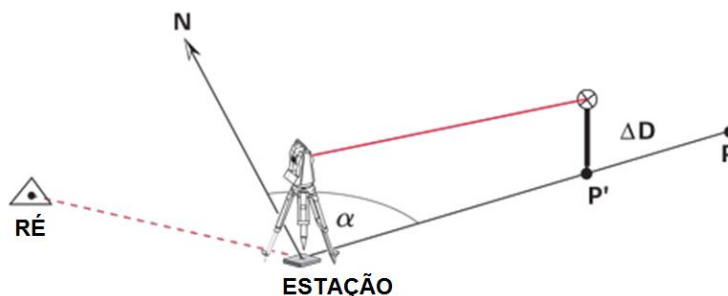
Utilizado para locar pontos por direções (ângulos) e distâncias a partir de um ponto denominado de estação (polo). Os azimutes e distâncias da estação aos pontos a serem locados são calculadas por coordenadas, inclusive para o ponto ré que deve estar materializado em campo.

Para este método, são necessários instrumentos que medem ângulos e distâncias. Pode ser um teodolito e uma trena, um teodolito e um distanciômetro eletrônico ou uma estação total convencional (mais comum).

Utilizando um teodolito e trena ou distanciômetro eletrônico os cálculos de transformação de coordenadas retangulares para coordenadas polares devem ser feitos manualmente.

Fazendo o uso de estações totais, as coordenadas retangulares são inseridas num arquivo na memória do instrumento e através de um programa interno de locação são calculados os azimutes e distâncias.

Ao posicionar o equipamento na estação, visa-se o ponto ré com o azimuth desta direção. Desta forma o equipamento estará orientado ao sistema de coordenadas e todos os ângulos serão azimutes. Gira-se o instrumento até o azimuth do ponto P e inicia o processo de medição de distância. Utilizando trena, basta colocar a baliza no alinhamento e medir a distância calculada. Com distanciômetro ou estação total, a posição do ponto é por tentativa (P') e com a distância medida é subtraída da distância calculada para se descobrir o quanto temos que avançar ou recuar (ΔD) do ponto P'. Com a estação total os cálculos da locação também são automatizados, informando direto o ΔD para se locar o ponto P.



Fonte: adaptado de <http://www.allenprecision.com/>

Todas as estações totais do mercado possuem programa para locação utilizando o método polar, o que agiliza bastante o processo de locação. Para isso as coordenadas dos pontos devem ser importadas (ou digitadas) para a memória do equipamento.

Alguns Cuidados importantes em qualquer locação:

- Sempre se certifique de ter pelo menos 3 pontos de apoio. Ocupe um deles, faça ré no segundo e faça a locação do terceiro para verificar se a orientação foi bem realizada. A checagem da distância também é importante, pois controla os erros sistemáticos no levantamento preliminar ou na locação.

- Para acelerar o processo de locação, use uma trena de bolso para deslocar o prisma quando a distância for menor que 1m.

- Ao colocar o prisma no alinhamento, não se preocupe em ajustar milímetros se ainda terá que deslocar o prisma para ajustar a distância. Qualquer movimentação para aumentar ou diminuir a distância a ser locada, o prisma sairá do alinhamento. Faça o alinhamento fino somente quando estiver muito próximo do ponto correto.

- Após realizada a locação, faça o *as built* do que foi locado. Inclua as informações do *as built* no relatório técnico para que o contratante saiba que as diferenças estão dentro do exigido. Caso algum dos pontos não atendeu o exigido, justifique.

**EXEMPLO**

Fazer a locação do vértice J17 de um imóvel com precisão de 2cm, partindo dos pontos A, B e C.

PONTO	X	Y
A	55876,652	18116,525
B	55785,054	18017,458
C	55808,328	17922,091
J17	55912,615	18106,527

Inicialmente faz-se a introdução dos pontos coordenados na memória da estação total (digitando ou importando arquivo de pontos). O ponto ocupado de estação foi o A e a ré foi em B.

Verif. Ré		★
Pt. Est.	A	
PtN Ré	B	
Ré	222°45'25"	dms
AH	135°01'32"	dms
dHA		dms
		OK
		06:13

Executando a função de locação, define-se o ponto de estação e o ponto a ré. Como os pontos digitados estão na memória da estação total, o próprio equipamento calcula o azimuth da visada (222°45'25"). Agora basta colimar no ponto B e confirmar. Desta forma o ângulo do limbo (135° 01' 32") é substituído pelo azimuth à ré. Portanto ao girar a luneta na horizontal todos os ângulos serão o azimuth do sistema de coordenadas.

Com a estação orientada, é necessário verificar a qualidade da orientação. A lógica é fazer a locação do 3º ponto de apoio para verificar a diferença encontrada. Digita-se então o nome do ponto de apoio a ser locado, onde primeiramente deve ser o ponto C para verificação da orientação e conferência

Locar Pto		★
N. Pt	J17	Ult.
A.P.	0.000 m	Prox
←	37.1103 dms	AH 105.3208 dms
Fr/At	----	DH 37.327 m
→	----	Z 0.000 m
At/Co	----	
		Salvar Mede
		06:13

Digita-se então o nome do ponto a ser locado, onde primeiramente deve ser o ponto C para verificação da . O azimuth e a distância a partir da estação até o ponto a ser locado são apresentados (105°32'08" e 37,327). Na tela da estação total ao lado, inclui também a direção e o ângulo a ser girado o instrumento para que a luneta esteja na direção do ponto a ser locado. No exemplo ao lado, é necessário girar o instrumento para o sentido anti-horário 37°11'03".

Locar Pto		★
N. Pt	J17	Ult.
A.P.	0.000 m	Prox
II	0.0002 dms	AH 105.3208 dms
Fr/At	----	DH 37.327 m
→	----	Z 0.000 m
At/Co	----	
		Salvar Mede
		06:13

Com o ângulo de giro menor ou igual à precisão da estação total (no exemplo ao lado 2") posiciona-se o prisma no alinhamento, usando primeiramente a alça de mira e em seguida com a luneta para que o prisma seja posicionado sobre o retículo vertical, garantindo que seja possível efetuar a medição no prisma. Com a estação total colimada no prisma, executa-se a medição da distância.

Locar Pto		★
N. Pt	J17	Ult.
A.P.	0.000 m	Prox
II	0.0002 dms	AH 105.3208 dms
Frente	1.935 m	DH 37.327 m
→	0.001 m	Z 0.000 m
Aterro	3.902 m	
		Salvar Mede
		06:13

Após medir a distância a estação total informará o quanto o prisma deve ser reposicionado aumentando ou diminuindo a distância. No exemplo ao lado a distância deve ser de 37,327 mas para chegar nesta distância o prisma deve ser posicionado para frente (em direção à estação total) em 1,935m. Após o auxiliar diminuir a distância em aproximadamente 1,90m, deve-se novamente orientá-lo para colocar o prisma no alinhamento. Nova medição deve ser efetuada.



Locar Pto		★	
N. Pt	J17	Ult.	
A.P.	0.000 m	Prox	
II	0.0002 dms	AH	105.3208 dms
Atrás	0.070 m	DH	37.327 m
→	0.001 m	Z	0.000 m
Aterro	3.827 m	Salvar	Mede
X	Locar	Dados	Graf
			06:13

Veja que no exemplo ao lado, a distância deve ser aumentada em 7cm, portanto deve-se fazer nova tentativa até que a diferença informada seja menor ou igual a 2cm.

1.2.6.2. Coordenadas Retangulares

Esta técnica é utilizada para locação das estacas quando a estação total for robótica ou RTK. Iremos detalhar melhor esta técnica no item 1.5 Parcelamentos.

1.3. EDIFICAÇÕES

1.3.1. Interpretação do projeto

O projeto de uma edificação é composto de várias disciplinas, como: Arquitetônico, Estrutural, Elétrico, Hidro Sanitário, Combate e Prevenção a Incêndio, Drenagem, Paisagismo, Redes e Lógica, Segurança, entre outros.

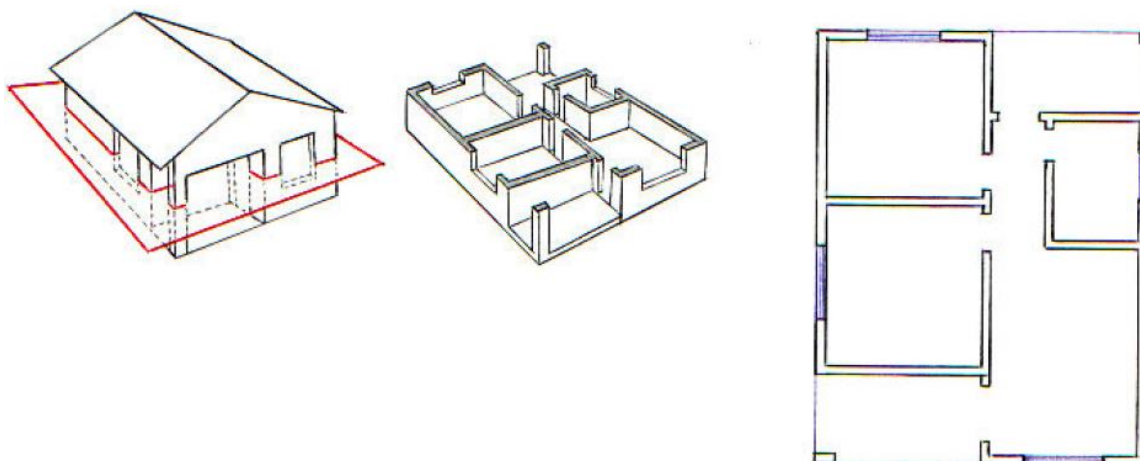
Para a locação é fundamental que tenhamos o entendimento de como será a obra. Para isso é suficiente a interpretação do projeto arquitetônico onde temos as definições geométricas da obra propriamente dita. Todos os demais projetos complementares, seguem o projeto arquitetônico.

O projeto arquitetônico é representado por plantas, cortes e elevações (fachadas).



Exemplo de uma prancha do projeto arquitetônico
Fonte: Leitura e Interpretação de Projetos Arquitetônicos - UFPA

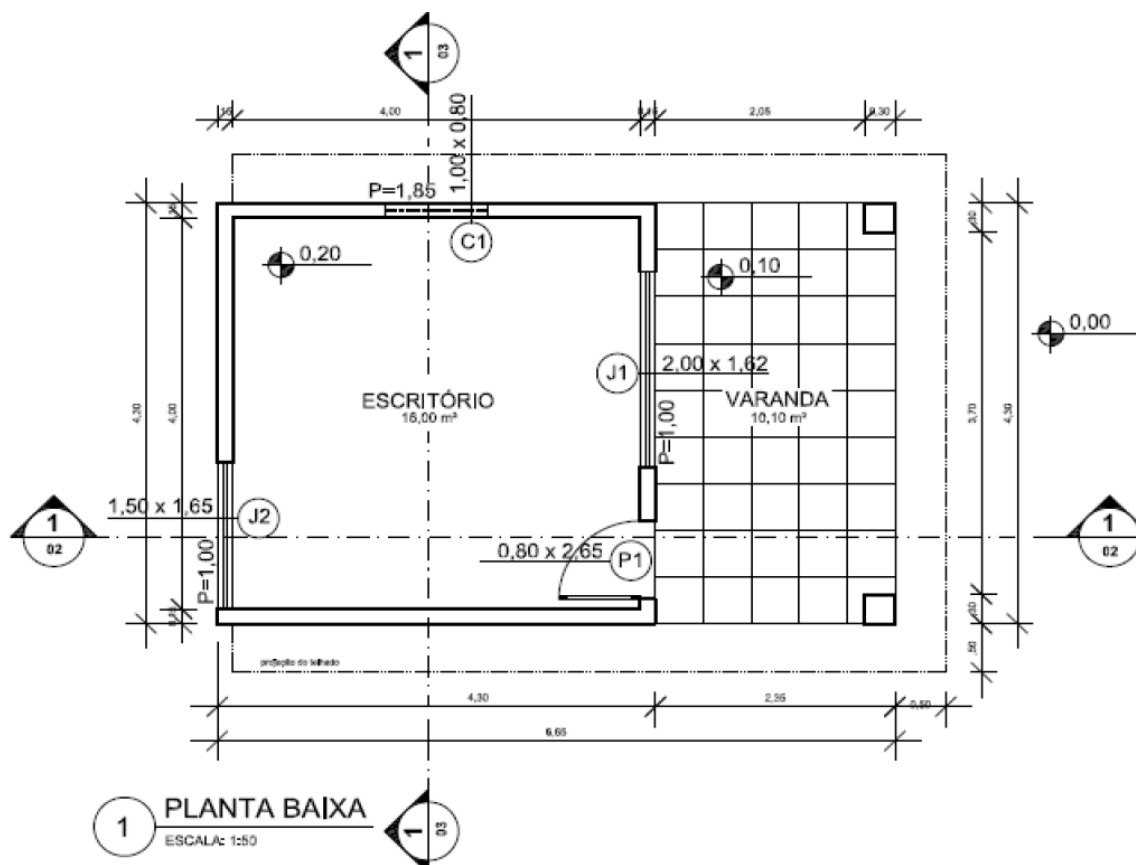
As plantas baixas expressam a geometria do projeto através de um corte gerado por um plano horizontal a 1,50m do pavimento a ser detalhado. Todos os elementos arquitetônicos são projetados sobre este plano.



Plano horizontal de projeção para a planta

Fonte: CURSO DE LEITURA DE PROJETOS - PROF. CARLOS J. ENGEL - UFPA

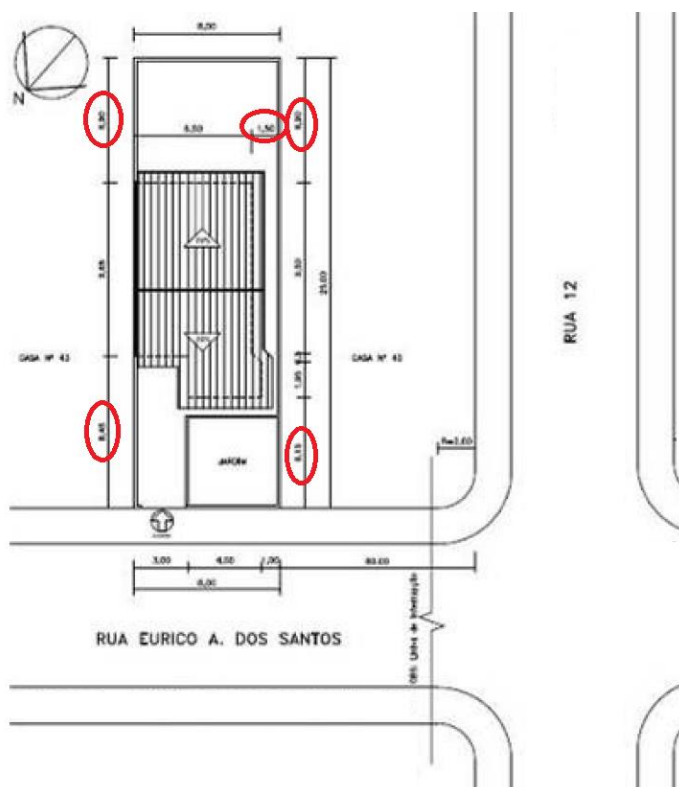
Na planta baixa está a definição das paredes, aberturas (portas e janelas), projeção da cobertura, tipo de piso, móveis, nível do pavimento, entre outros detalhes que permitem o entendimento da ocupação de cada um dos pavimentos.



Exemplo de planta baixa

Fonte: Leitura e Interpretação de Projetos Arquitetônicos - UFPA

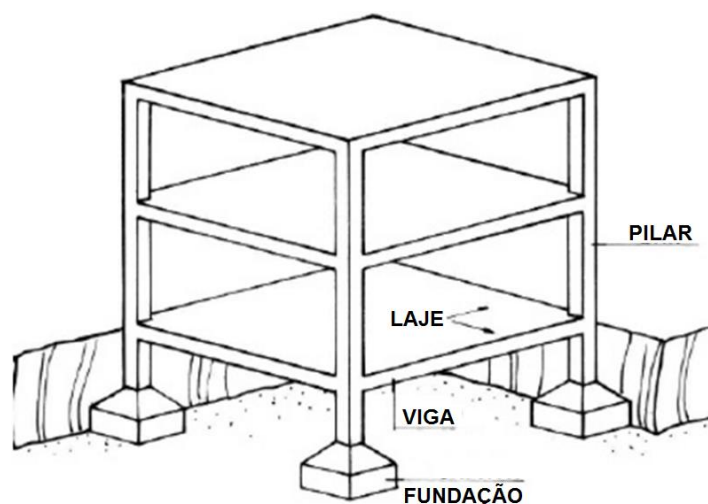
É na planta de locação que temos o posicionamento da obra dentro do terreno.



Exemplo de planta de locação

Fonte: Leitura e Interpretação de Projetos Arquitetônicos - UFPA

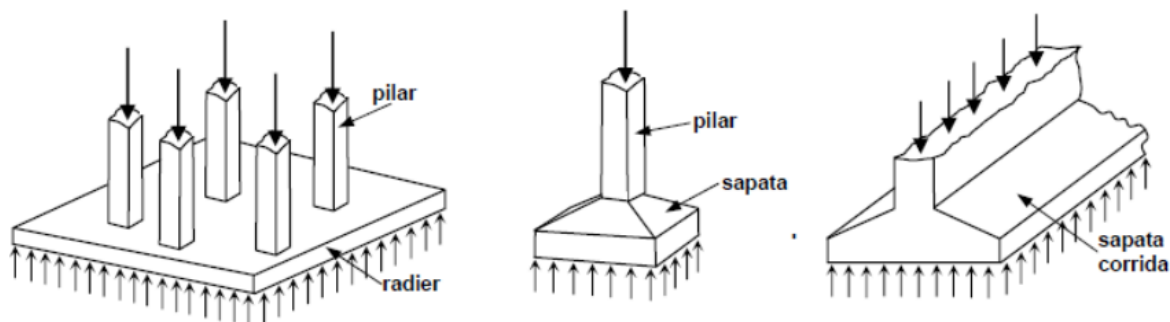
Toda obra de edificação inicia pela fundação. Por este motivo, é necessário entendermos como será a fundação e como ela está disposta. Sobre a fundação serão apoiados os pilares que por sua vez sustentarão as vigas e estas consequentemente as lajes e paredes,



Exemplo de estrutura de uma edificação

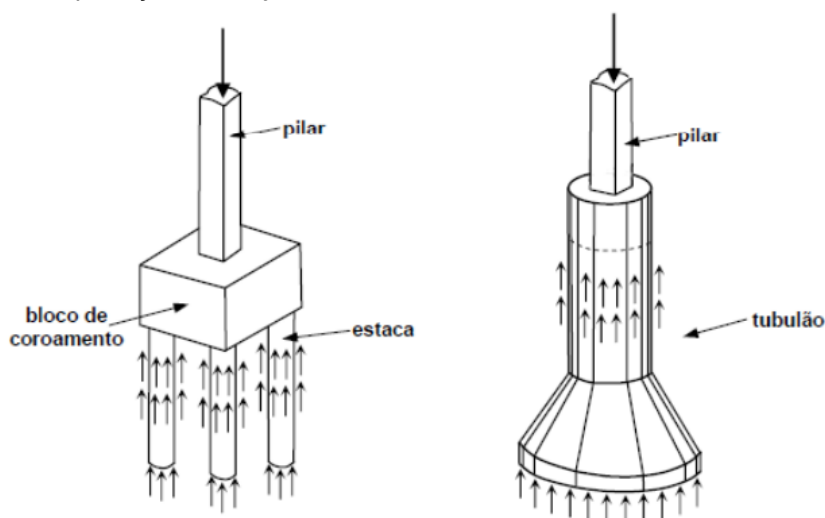
Fonte: Apostila Desenho Estrutural IFSC - Profª. Márcia M. M. Steil

A fundação pode ser direta (radier, sapata e sapata corrida) ou profunda (blocos sobre estacas e tubulão).



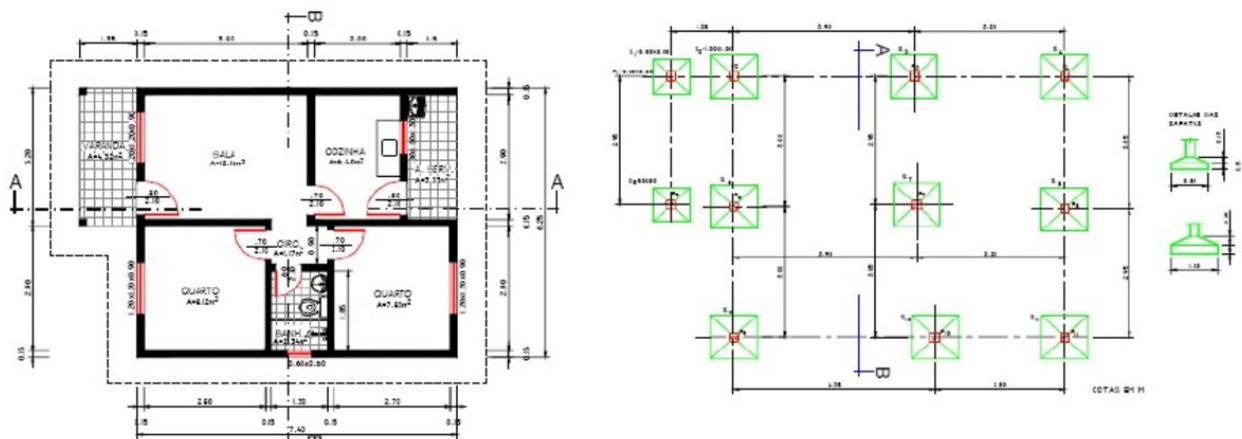
Radier, Sapata e Sapata corrida

Fonte: Leitura e Interpretação de Projetos – Elementos Estruturais - Prof. Janine Gomes da Silva



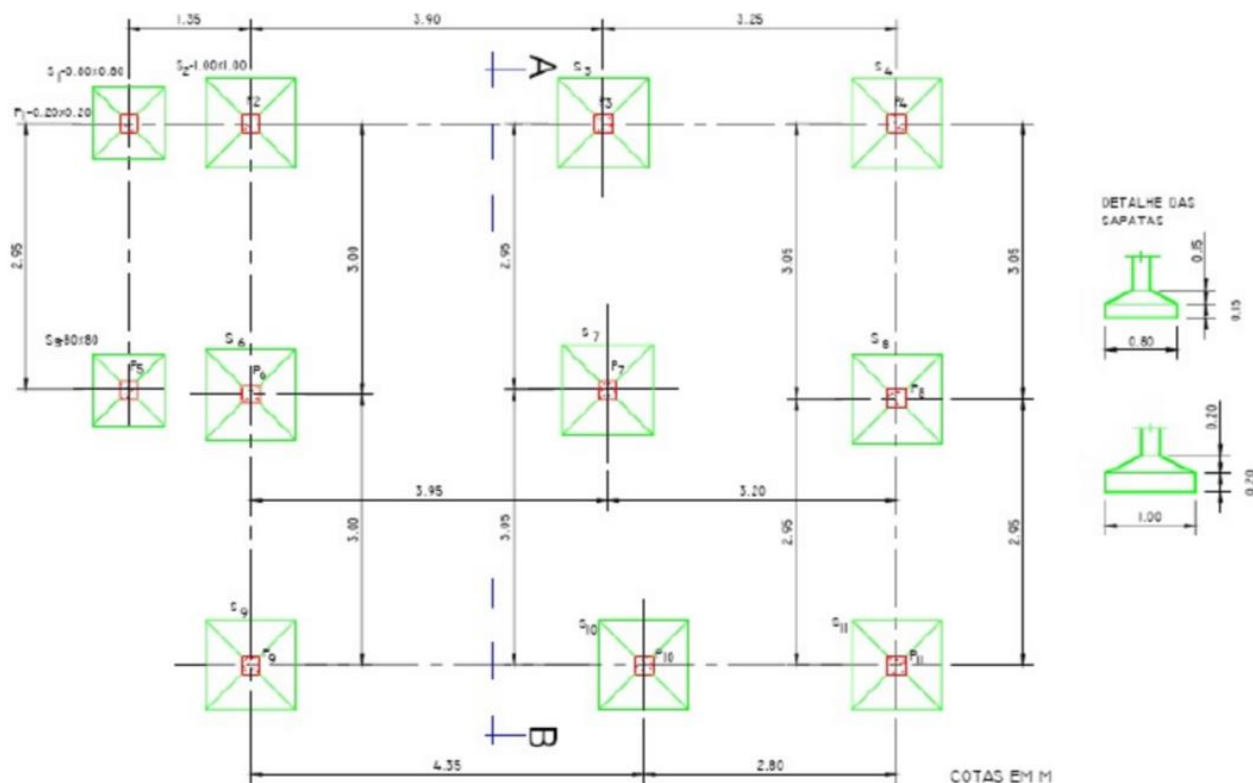
Fundação Profunda com estaca e tubulão

Fonte: Leitura e Interpretação de Projetos – Elementos Estruturais - Prof. Janine Gomes da Silva



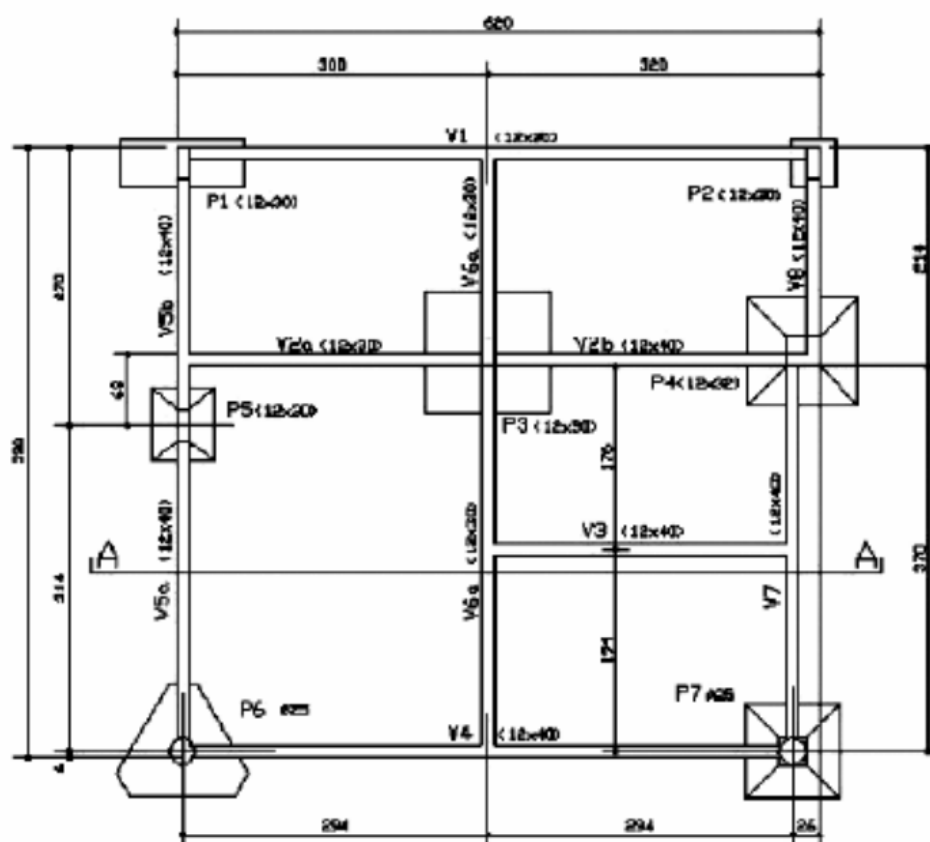
Projeto Arquitetônico x Projeto Estrutural

Fonte: Desenho Técnico - Prof. Aline Fernandes de Oliveira, 2010



Projeto Estrutural

Fonte: Desenho Técnico - Prof. Aline Fernandes de Oliveira, 2010

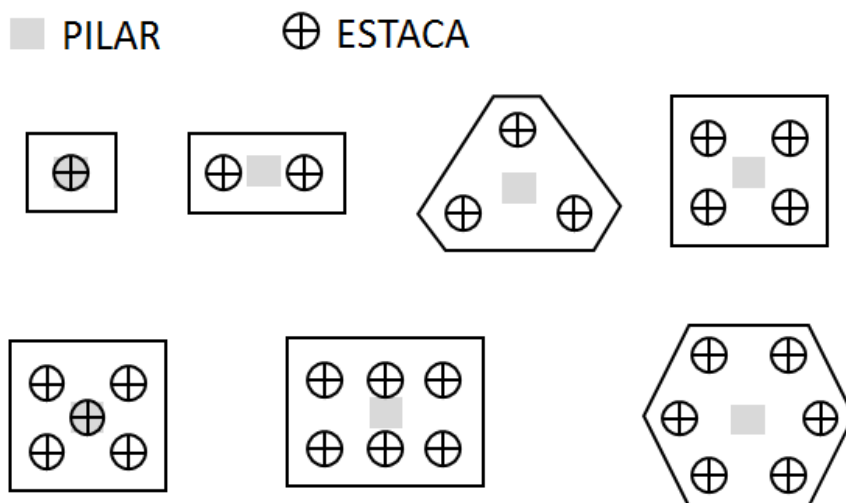


FORMA DO BALDRAME

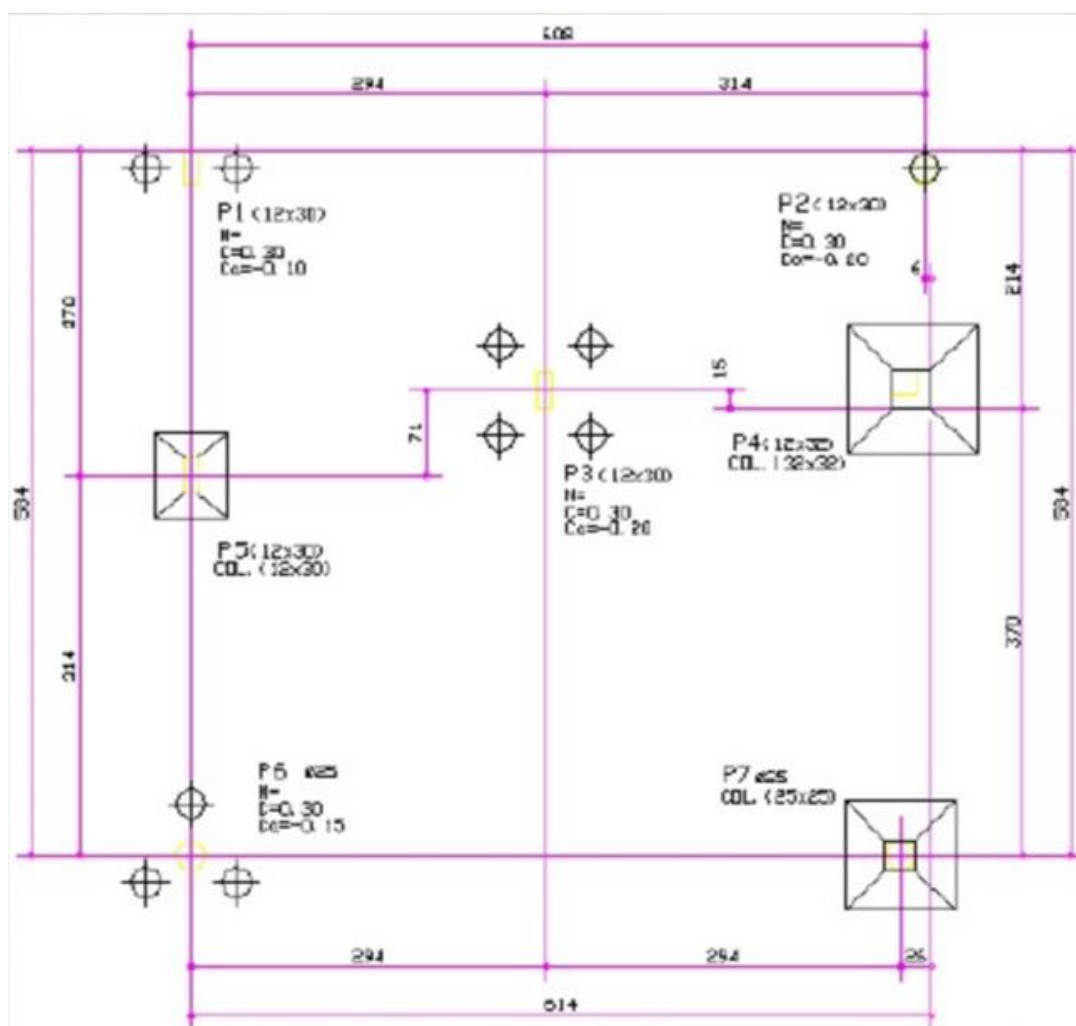
ESC. 1:50

Exemplo de projeto estrutural – planta de formas

Fonte: Noções de Desenho Arquitetônico e Construção Civil - INEDI



Tipos de blocos sobre estacas e sua geometria

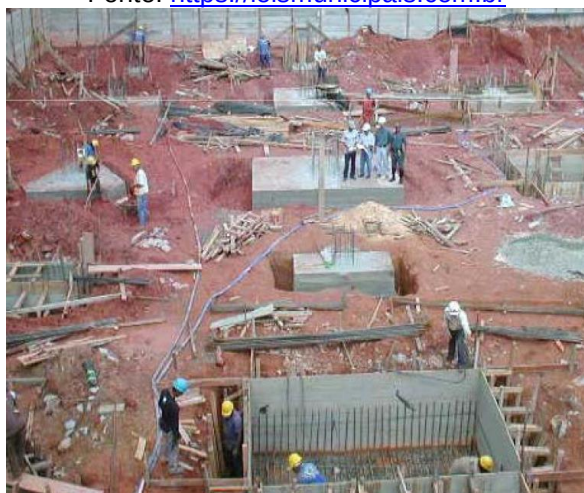

 Exemplo de Planta de Locação de Pilares e fundação
Fonte: CVT- MESQUITA – ARMADOR – PROFª DAGMAR



Estaca sendo cravada

 Fonte: <https://leismunicipais.com.br>


Estaca sendo escavada

 Fonte: <http://sete.eng.br>


Blocos executados sobre estacas

Fonte: Leitura e Interpretação de Projetos – Elementos Estruturais - Prof. Janine Gomes da Silva



Sapatas isoladas

 Fonte: <http://www.tecnisa.com.br/>

1.3.2. Serviços preliminares

O levantamento topográfico imediatamente anterior à locação permitirá que sejam dirimidas quaisquer dúvidas sobre o posicionamento do projeto no imóvel e seus afastamentos definidos no projeto.

Em imóveis que não existam sistema de coordenadas (pontos de apoio), é fundamental esta etapa para criação de um sistema (mesmo que arbitrário) para que elementos definidores em campo possam estar num mesmo sistema dos pontos de apoio. Com os elementos levantados desenhados num CAD, o projeto deve ser movido e rotacionado para encaixar no sistema de projeção do levantamento, ou os elementos levantados devem ser movidos e rotacionados para encaixar no sistema de coordenadas do projeto (que é o mais comum). Ajustando o levantamento no sistema de coordenadas do projeto, facilitará a locação usando o método por catetos.

Assim a locação poderá ser feita de forma segura e podendo ser previsto todos os problemas de posicionamento do projeto dentro do imóvel. É FUNDAMENTAL que os problemas sejam identificados antes do início das obras. Para isso, devem ser reportados todos os problemas de afastamentos definidos no projeto que não estiverem sendo atendidos na realidade.

1.3.3. Criação de pontos de projeto

Com o projeto e os pontos de apoio num único sistema de coordenadas, é necessária a criação dos pontos do centro das estacas e dos pilares para então transferir para a estação total. Estações que permite a transferência de arquivo gráfico diretamente de um CAD, este passo pode ser suprimido.

1.3.4. Formas de Materialização

Para a locação de estacas, pode-se marcar com piquete ou cal sobre o solo. A precisão admitida é comumente na ordem de 3cm.



Piquetes indicando a posição das estacas

Fonte: <http://roncoleta.com/portfolio/locacao-de-estacas-serraazul-itupeva/>

Para a locação de sapatas, pilares, baldrames e paredes, usa-se gabaritos. O Gabarito Contínuo pode ser utilizado em obras de pequenas extensões e sobre terrenos planos. O Gabarito em cavalete é utilizado quando a obra possui grande extensão, grande desnível ou ainda é necessário o trânsito de equipamentos entre as estruturas durante a obra. A precisão necessária comumente é na ordem de 3mm.



Gabarito contínuo

Fonte: <http://www.terraplanagenschramm.com.br/>

Gabarito contínuo

Fonte: <http://vistoriaelaudo.blogspot.com.br/>



Gabarito em Cavaletes

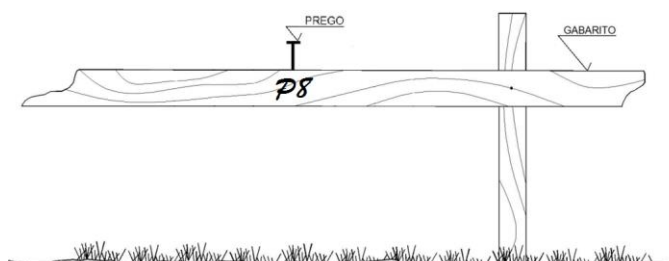
Fonte: <http://projetos.habitissimo.com.br/reformas/sao-paulo/mogi-das-cruzes>

No gabarito, crava-se um prego definindo o alinhamento que já servirá para o cruzamento de linhas para encontrar o elemento da obra (pilar, parede, sapata, etc).



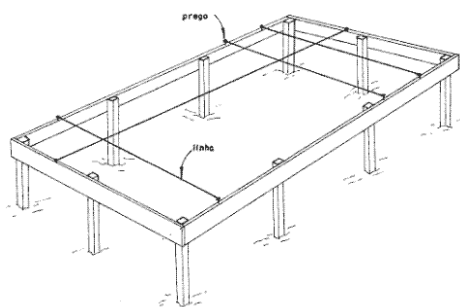
Prego no gabarito

Fonte: <https://i.ytimg.com/vi/qWMI6u-COMg/maxresdefault.jpg>



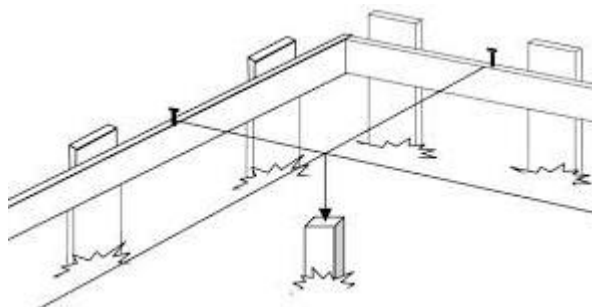
Identificação do ponto no gabarito

Fonte: adaptado de Locação de Obra - Prof. Marco Pádua



Cruzamento das linhas no gabarito

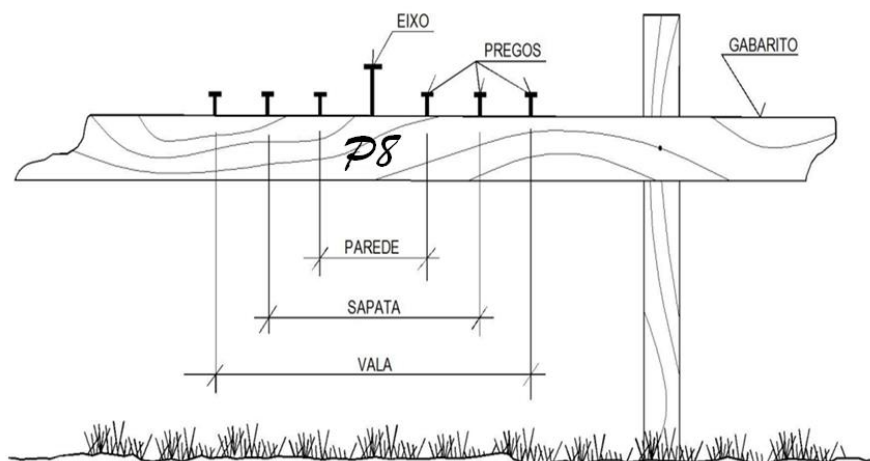
Fonte: <http://construociviltips.blogspot.com.br/>



Detalhe do cruzamento das linhas

Fonte: Locação de obra - Prof. Nayara S. Klein

Para evitar confusão, alguns profissionais preferem locar no gabarito todos os elementos a serem construídos como parede, sapata e até a largura da vala a ser escavada para a sapata.



Localização dos elementos no gabarito

Fonte: adaptado de Locação de Obra - Prof. Marco Pádua

As Referências de Nível são marcadas em estruturas existentes próximas à obra (muro, parede, poste, contêiner, etc), na própria estaca de fixação do gabarito ou muitas vezes o gabarito é locado numa altura que sirva como referência de nível.

1.3.5. Técnicas de Locação

1.3.5.1. Pitagórico

Este método serve exclusivamente para demarcar em campo um ângulo reto (90°) fazendo uso de trena simples. O termo pitagórico se origina do Teorema de Pitágoras que trata da relação entre os lados de um triângulo retângulo. Tem a vantagem de utilizar uma trena simples para a execução. Esta técnica é utilizada pelos mestres de obras para locar os gabaritos sem a presença da topografia. É implantado na obra um alinhamento do gabarito e então é necessário marcar o outro alinhamento a 90°.



A relação matemática deve ser sempre:

$$a = \sqrt{b^2 + c^2} \quad (1)$$

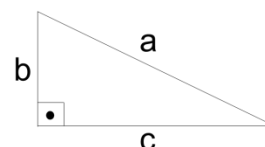
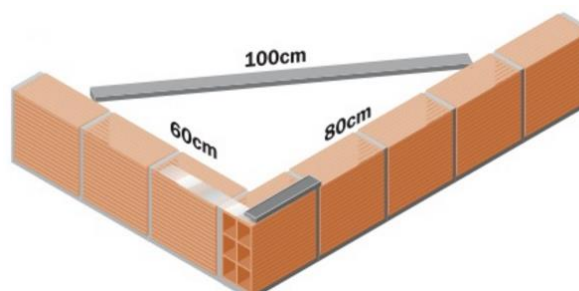


Figura 8: Triângulo Retângulo

Pode-se utilizar qualquer dimensão para "b" e "c", mas o "a" deve atender a relação matemática. Para evitar erros grosseiros, é interessante utilizar valores inteiros para evitar confusão. Dimensões comumente utilizadas:

b	c	a
0,60	0,80	1,00
3,00	4,00	5,00
6,00	8,00	10,00



Fonte: Cartilha do Pedreiro – Programa aprendendo Construindo

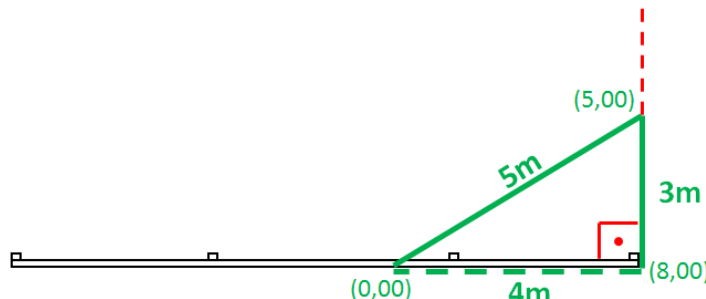
Não é recomendado o uso de alinhamentos maiores que 3x a menor dimensão do triângulo formado.

EXEMPLO

Na obra é necessário construir um gabarito de 20m x 9m.

Então foi construído o 1º alinhamento do gabarito com 20m. A partir deste alinhamento será necessário um outro com 9m a 90°. Como o alinhamento tem 9m, devemos usar um triângulo retângulo que tenha o lado menor pelo menos 3m.

No campo o mestre de obras marcou 4,00m no gabarito a partir do vértice. Neste local, uma pessoa deve segurar a trena no 0,00m. Uma segunda pessoa deve segurar a trena no vértice do gabarito com a marcação 8,00m. A terceira pessoa deve segurar a trena na marca dos 5,00m e deixar ela esticada. Desta forma o alinhamento dos 3m estará a 90° do gabarito.



1.3.5.2. Coordenadas Polares

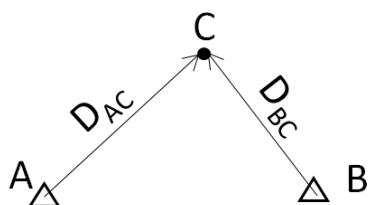
Esta técnica é muito produtiva para locar estacas com estação total convencional (não robótica). O processo de locação é similar ao já visto no item 1.2 Limites de Imóveis.

Para pilares ela não é produtiva, pois o processo acaba sendo muito moroso. Todos os pilares devem ser locados com piquetes e depois ocupados cada um dos piquetes para projetar as visadas sobre os gabaritos e então fixar o prego.

1.3.5.3. Interseção Linear

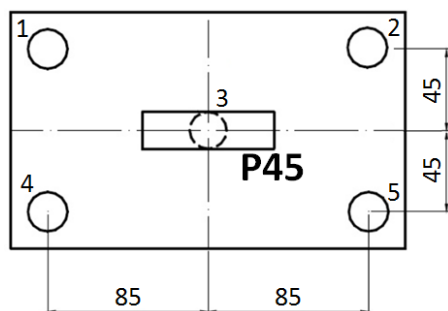
Permite locar um ponto C a partir de outros 2 já implantados (A e B). As distâncias AC e BC devem ser conhecidas. Normalmente estas distâncias são calculadas pelas coordenadas dos pontos ou pelas dimensões do projeto.

Técnica simples e rápida, fazendo o uso somente de trena, mas exige 3 pessoas. Utilizado para localizar pontos em campo, assim como locar pontos próximos aos pontos de apoio (distâncias menores que a trena). Permite precisão de poucos centímetros.

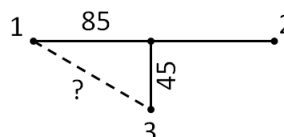


EXEMPLO

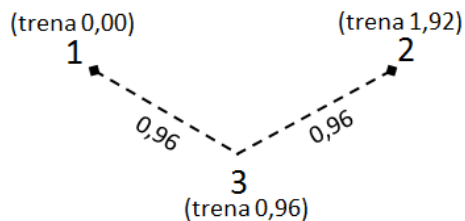
Num projeto estrutural, o pilar P45 possui 5 estacas dispostas conforme layout abaixo. Utilizar a técnica de interseção linear para agilizar a locação.



Inicialmente faz-se a locação das estacas 1 e 2 utilizando por exemplo o método polar, materializando com piquete. Com os dados de projeto, calcula-se por Pitágoras as distâncias entre as estacas 1-3 (que será igual a 2-3).



$$1 - 3 = \sqrt{0,85^2 + 0,45^2} = 0,96$$



Portanto uma pessoa deve segurar o zero da trena no piquete da estaca 1, outra pessoa deve segurar o 1,92 (0,96+0,96) da trena no piquete da estaca 2. A 3ª pessoa deve esticar a trena segurando no valor 0,96. Quando a trena estiver tensionada, estará definida a posição da estaca 3.

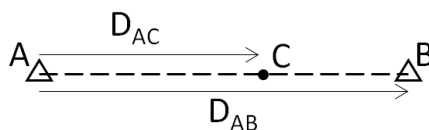
O mesmo pode ser feito para locar a estaca 4 e a 5, calculando a distância entre as estacas 4-2 (que será igual a 1-5).

$$4 - 2 = \sqrt{0,9^2 + 1,7^2} = 1,92$$

Para locar a estaca 4 segura-se no piquete da estaca 1 o 0,00 da trena, no piquete da estaca 2 a trena com 2,82 e a 3ª pessoa deve esticar a trena no valor 0,90.

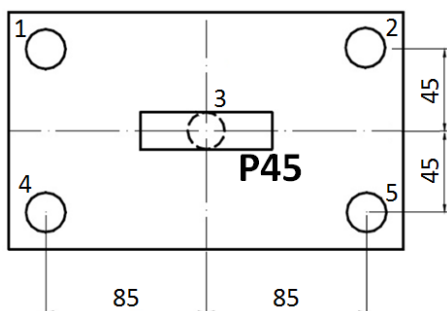
1.3.5.4. Alinhamento

Permite locar um ponto C dentro de um alinhamento AB conhecendo a distância entre os pontos AB e AC definida pelo projeto.

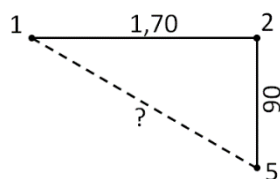


EXEMPLO

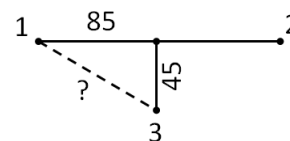
Num projeto estrutural, o pilar P45 possui 5 estacas dispostas conforme layout abaixo. Utilizar a técnica de alinhamento para agilizar a locação.



Inicialmente faz-se a locação das estacas 1 e 5 utilizando por exemplo o método polar, materializando com piquete. Com os dados de projeto, calcula-se por Pitágoras as distâncias entre as estacas 1-5 e 1-3.



$$1 - 5 = \sqrt{1,70^2 + 0,9^2} = 1,92$$



$$1 - 3 = \sqrt{0,85^2 + 0,45^2} = 0,96$$

Portanto uma pessoa deve segurar o zero da trena no piquete da estaca 1, outra pessoa deve segurar o 1,92 da trena no piquete da estaca 5 e a 3ª pessoa deve posicionar o piquete da estaca 3 no 0,96 da trena.

1.3.5.5. Coordenadas Retangulares

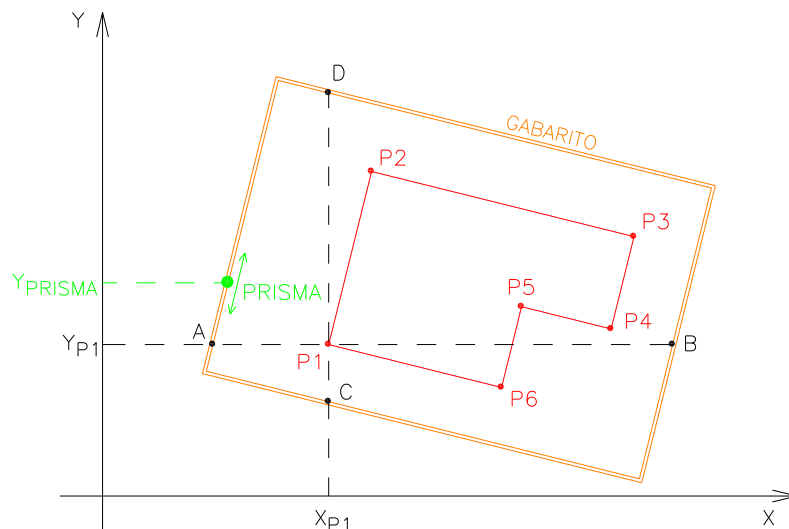
Esta técnica é utilizada para locação das estacas quando a estação total for robótica. Iremos detalhar melhor esta técnica no item 1.5 Parcelamentos.

1.3.5.6. Projeções (Catetos)

A locação por catetos é feita normalmente sobre gabaritos, sobre os quais vai se demarcar todas as projeções X em uma direção e Y em outra direção. O equipamento a ser utilizado é a estação total pelo fato desta já efetuar o cálculo das coordenadas instantaneamente.

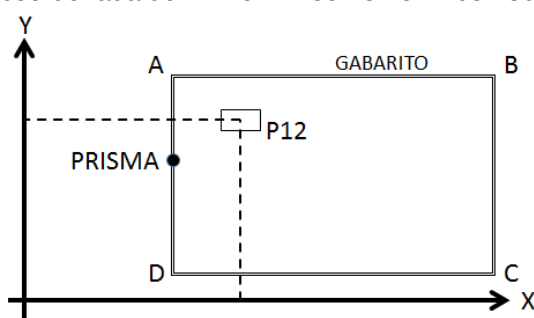
A demarcação é feita deslocando-se o prisma refletor sobre a régua do gabarito, fazendo-se uma medição. O instrumento traz como resultado as coordenadas X e Y onde o prisma está.

Compara-se a coordenada medida com a de projeto e desloca-se o prisma até encontrar a coordenada de projeto (pontos A, B, C e D). Num sentido a demarcação é feita dando a atenção somente para as abcissas (coordenada X), demarcando os pontos C e D e no outro somente para as ordenadas (coordenada Y), demarcando os pontos A e B. No desenho a seguir, o prisma deve ser deslocado para a direção de A, até que $Y_{PRISMA} = Y_{P1}$.



EXEMPLO

Fazer a locação do pilar P12 de um projeto estrutural utilizando a técnica dos catetos com tolerância de 2mm. A coordenada do P12 é X=735.484 e Y=631.861.



Inicialmente posiciona-se o prisma sobre a tábua AD do gabarito. Após medir no prisma, a tela da estação total foi a seguinte:

MEDIÇÃO XYZ	
NORTE:	630.723 m
ESTE:	731.634 m
COTA:	15.823 m
MEDE	MODO GRAVA

Portanto o prisma deve ser movido na direção de A 1,138.

Com o auxílio de uma trena de bolso sobre o gabarito, move-se o prisma na distância calculada pela diferença de coordenada.

Faz-se então nova medição no prisma.

MEDIÇÃO XYZ	
NORTE:	631.867 m
ESTE:	731.631 m
COTA:	15.821 m
MEDE	MODO GRAVA

Com a nova medição a estação apresenta a tela ao lado. Agora o prisma deve ser movido em direção à D 6mm. Usando a trena o prisma deve ser reposicionado.

Na nova medição a coordenada Norte foi de 631,859. Como a diferença agora foi de 2mm (dentro do tolerável), é nesta posição que deve ser fixado o prego.

O mesmo procedimento deve-se fazer na tábua BC também usando apenas a coordenada Norte.

Após fixado o prego nas tábuas AD e BC, faz-se a locação do gabarito nas tábuas AB e DC, mas desta vez o valor a ser encontrado é Este=735,484.

1.3.5.1. Nivelamento Geométrico

Conforme visto no item 1.1 Linhas de Inundação, as equações para locação do nivelamento Geométrico são:

$$APV = C_A + Lr_A$$

$$L_B = APV - C_B$$

Onde:

APV = Altura do Plano de Visada

C_A = Cota do ponto A implantado (RN)

Lr_A = Leitura no ponto A (Ré)

C_B = Cota de projeto do ponto B

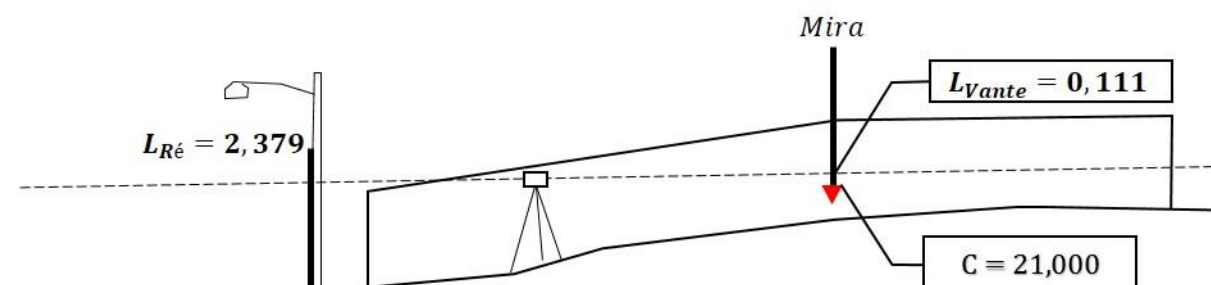
L_B = Leitura a ser encontrada no ponto B

EXEMPLO

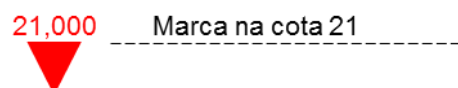
Numa obra de um edifício o engenheiro responsável pela obra solicitou a locação de RNs no muro que circunda a obra. A RN conhecida da obra está localizada na calçada junto ao poste e possui cota 18,732. A figura 10 ilustra este exemplo.


Figura 9: Exemplo 1 - Nivelamento Geométrico

Para facilitar a visualização do problema, podemos gerar o diagrama conforme a figura 11:


Figura 10: Exemplo 1 - Diagrama final

A cota deverá ser marcada conforme a figura 13. A figura 14 detalha a forma de materialização da cota.


Figura 11: Cota 21,000 demarcada no muro

Figura 12: Posição da cota em referência à marcação

Dicas:

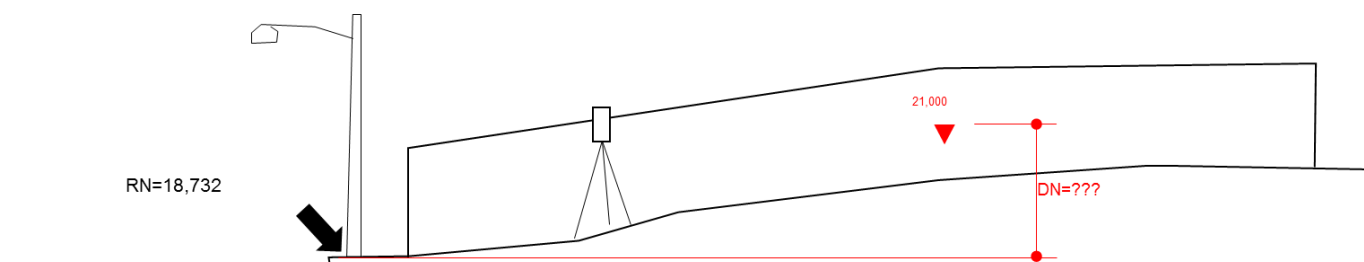
- Use cotas inteiras para facilitar os cálculos pelo pessoal da obra;
- A cota máxima a ser locada em campo é a APV de onde o equipamento está;
- Quando o cálculo da leitura a vante for negativa é porque a cota a ser implantada está acima da APV;
- Para cotas acima da APV, a mira deverá ser utilizada invertida, mas nem sempre será possível na prática pois acaba gerando um grande desnível e o uso da marcação acaba sendo inútil na prática.

1.3.5.2. Nivelamento Trigonométrico

Como vimos no item 1.1 Linhas de inundação, o nivelamento trigonométrico pode ser utilizado para encontrar uma cota de projeto.

EXEMPLO

Locar a cota 21 do exemplo do nivelamento geométrico, utilizando o nivelamento trigonométrico.

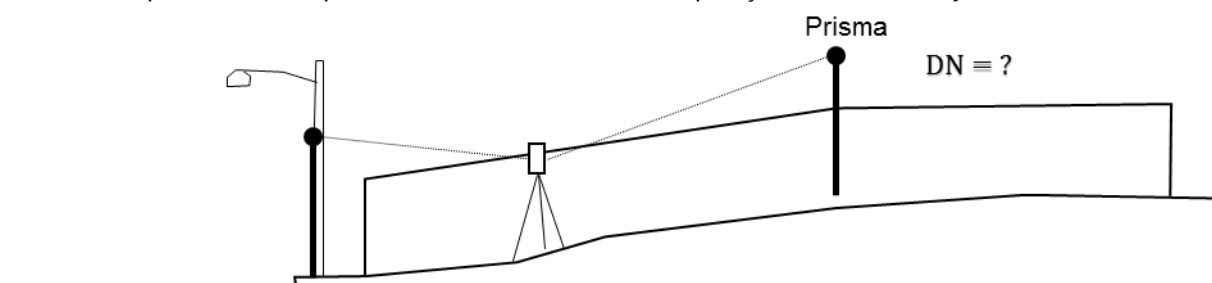

Figura 13: Exemplo 3

Calculando a equação 11, com os valores do exemplo 2 temos:

$$DN = 21,000 - 18,732 = 2,268$$

Portanto precisamos encontrar no muro um desnível em relação à RN de +2,268.

Usando o programa da estação total que calcula distância e desnível entre pontos, visou-se como ponto de referência a RN do poste, e na sequência, foi medido no muro na posição onde se deseja locar a nova RN.


Figura 14: Diagrama inicial do exemplo 3

No display da estação total apareceu a seguinte informação:

MLM1	[A-B A-C]	
HR:	95°30'55"	
dDH:	17.893	m
dDN:	1.737	m
dDI:	17.977	m
seg		

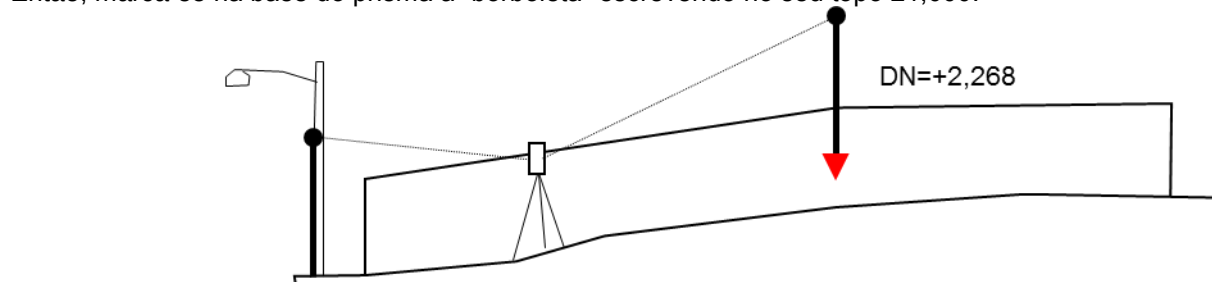
Figura 15: Informações do display da estação total

Na posição em que o prisma foi colocado, chegamos no desnível de +1,737, ou seja, ainda falta +0,531m para alcançar o desnível de +2,268.

Subindo o prisma, faz-se nova medição e o medido foi DN=+2,371. Portanto agora o prisma está muito alto e deve-se diminuir 103mm para chegar na cota 21,000.

Este processo deve ser repetido até que o valor do desnível medido seja igual ao de projeto (ou esteja dentro da tolerância).

Então, marca-se na base do prisma a “borboleta” escrevendo no seu topo 21,000.


Figura 16: diagrama Final do Exemplo 3

1.3.5.3. Nivelamento por Mangueira

Consiste em transportar nível de um ponto A para um ponto B utilizando uma mangueira transparente com água. Os níveis da água nas 2 pontas da mangueira são iguais, pois a pressão atmosférica nas 2 extremidades é a mesma.

É fundamental que a água dentro da mangueira não possua bolhas de ar. As bolhas irão interferir no nível da água, produzindo erros bastante elevados e recomenda-se que a mangueira não ultrapasse 20m de comprimento.

No ponto A marcado, deve-se subir a mangueira para que o nível da água coincida com a marca. No ponto B, faz-se a marcação no nível da água. Desta forma o ponto B estará no nível do ponto A.

Técnica simples usando equipamentos de baixo custo, atingido a precisão de 3mm para cada ponto transportado. Por este motivo é muito utilizada na construção civil para nivelamento de gabaritos, pisos,



Figura 17: Nível do ponto A sendo transferido para o ponto B
Fonte: <http://dicavirtualonline.blogspot.com.br/2014/02/como-fazer-nivelamento-de-piso-e-parede.html>



Figura 18: Marcação do nível no Ponto B
Fonte: <http://dicavirtualonline.blogspot.com.br/2014/02/como-fazer-nivelamento-de-piso-e-parede.html>

1.3.5.4. Nivelamento Laser

O Nível laser gera um plano horizontal e/ou vertical a partir do seu centro que serve de referência para as medições. Existem os modelos que demarcam visivelmente o plano através do laser (para uso interno) e outros que possui sensor para identificar o plano e já obter a altura do ponto no solo.

As precisões desses equipamentos variam muito, como exemplo temos o modelo “Bosch BL40 VHS” que apresenta precisão nominal de $\pm 0,3\text{mm/m}$ e o “Spectra Laser HV101” com precisão nominal de $\pm 3\text{ mm}$ em 30 m (± 20 segundos de arco).

É utilizado para nivelamento e alinhamento de gabaritos, pisos, vigas, etc.



Figura 19: Nível laser demarcando os planos nas paredes
Fonte: www.taringa.net



Figura 20: Nível Laser com sensor para identificar o plano
Fonte: <http://www.spectralasers.com/>

1.4. DUTOS E REDES SUBTERRÂNEAS

Obras como redes coletoras de esgoto, adutoras de água, gasoduto, oleoduto ou qualquer outro tipo de duto possuem características similares na execução. São obras lineares e basicamente se limitam à escavação, assentamento do duto, reaterro e recomposição da superfície inicial.



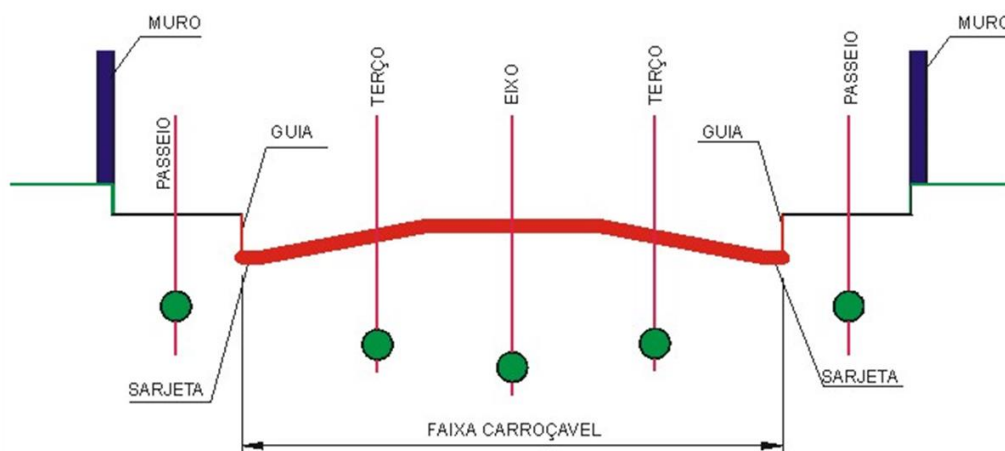
Vala escavada e tubo assentado
Fonte: <http://www.engenhariax.com>

1.4.1. Interpretação do projeto

Como são obras lineares, necessitam de um eixo geométrico de referência determinando o seu estaqueamento. Estaqueamento são marcações regulares (normalmente a cada 20m) que facilitam a identificação do projeto em campo.

A exigência de georreferenciamento depende de cada órgão regulador (Casan, Petrobrás, SCGÁS), mas está cada vez mais comum pela facilidade de gestão da obra e futuras intervenções para manutenção.

Em vias públicas, é comum um ordenamento na posição de um duto, podendo ele estar no eixo, no terço da via (esquerdo ou direito) ou ainda num dos passeios.



Possibilidade de localização dos dutos em vias públicas

Fonte: Recomendações para o Projeto e Dimensionamento Profa Gersina N.R.C. Junior

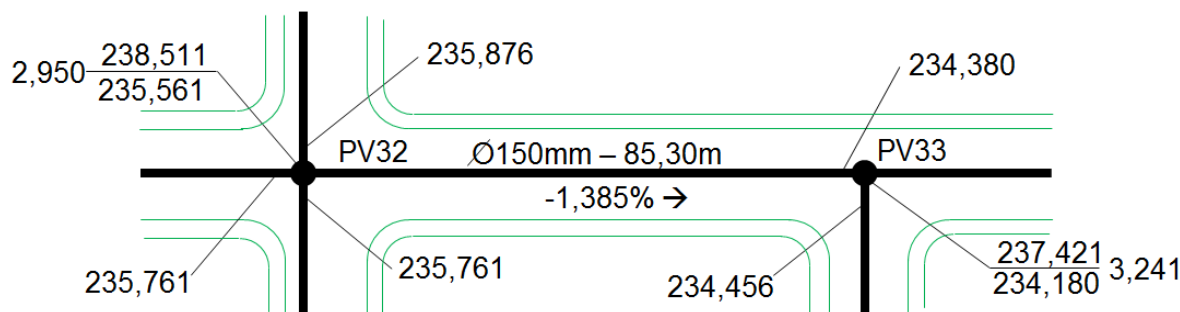
Os dutos possuem ao longo de sua extensão, elementos que servem para sua manutenção, distribuição ou medição, como: Poço de Visitas (PV), Caixas, Válvulas, Registros, entre outros. Estes elementos ganham destaques

no projeto sendo informado sua altura útil, cota do fundo, distância e declividade entre eles. Os projetos mais atuais, trazem estes elementos georreferenciados, o que evita dúvidas na sua locação.



Poço de visita – elemento notável de projeto de esgoto

Fonte: <http://www.engenhariax.com/2012/04/perfil-aguas-fluviais-modelo-clique.html>



Exemplo de Projeto de Esgoto pelo Eixo

1.4.2. Serviços preliminares

Se o projeto não for georreferenciado (o que é bastante comum), basta densificar as RRNN para que facilite o trabalho durante a obra. Uma RN a cada 100m está excelente. A precisão de 3mm/km atende a necessidade.

Se o projeto for georreferenciado, além das RRNN é necessária a locação de pontos de apoio georreferenciados também. Pontos a cada 300m agilizam a obra.

1.4.3. Criação de pontos de projeto

Cria-se pontos para locação apenas dos pontos notáveis do projeto (PVs, registros, válvulas, etc).

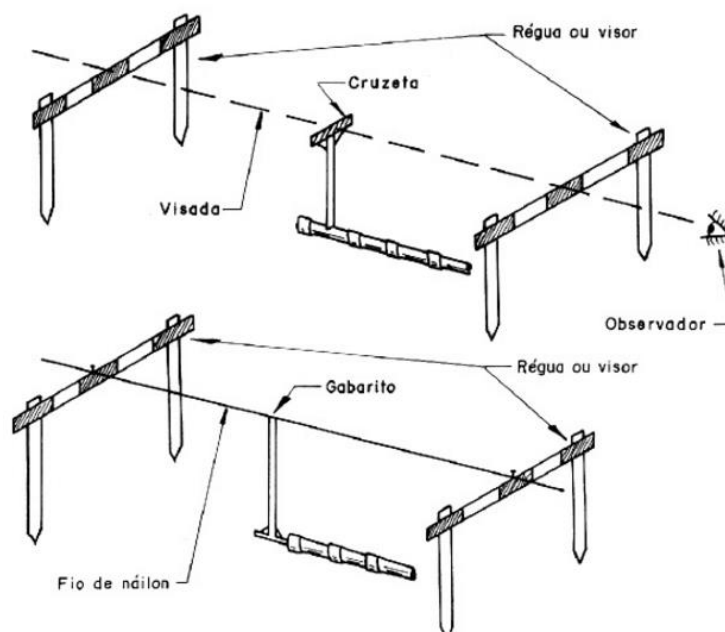
1.4.4. Formas de Materialização

Com a locação dos PVs, é definida a diretriz da tubulação. Para a execução da escavação e consequente assentamento da tubulação, é necessário controlar a altura da escavação através do uso da cruzeta ou de gabarito. Para o uso da cruzeta ou do gabarito, são construídas réguas (também chamada de visor), onde elas são fixadas na horizontal e no nível correto para o uso da cruzeta ou do gabarito. Nela também são locadas o eixo da tubulação com um prego.



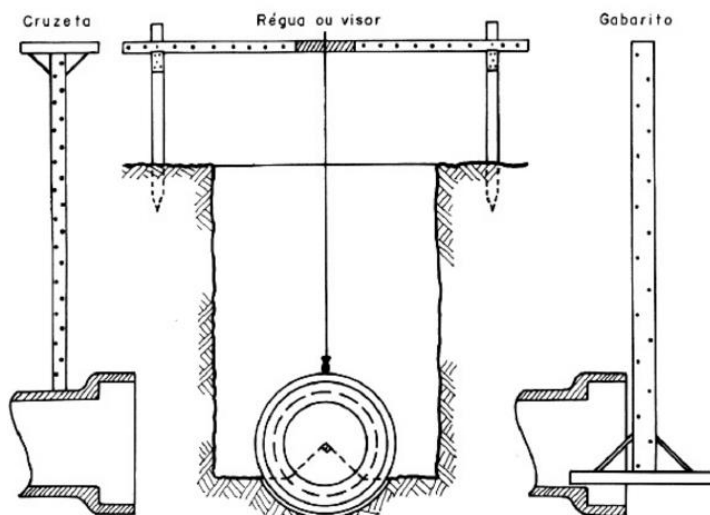
Uso da cruzeta em redes de esgoto

Fonte: <http://tsa-rs.com.br/projetos>



Uso de Cruzeta e do Gabarito

Fonte: NBR 9814/1998



Detalhe do uso de Cruzeta ou do Gabarito

Fonte: NBR 9814/1998

O primeiro passo é calcular a cota do tubo no ponto da régua. Para isso, loca-se a régua numa determinada distância horizontal (DH) a partir do PV ou se a régua já estiver implantada, mede-se a distância horizontal (DH) a partir do PV.

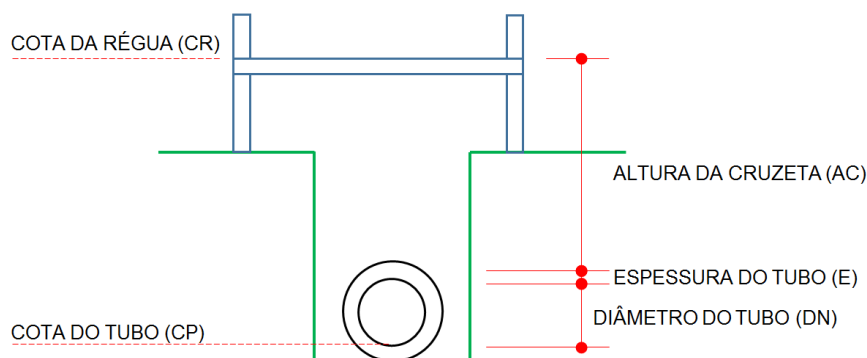


Calcula-se a Cota de Projeto do tubo (CP) com a equação:

$$CP = CP_{PV} + DH \cdot \frac{i}{100} \quad \text{Onde } i \text{ é a declividade do tubo em percentual.}$$

Como atualmente a tubulação usada é de PVC ou PEAD, que as peças possuem 6m de comprimento, veremos abaixo como calcular usando a cruzeta, pois com o gabarito teríamos a condição de verificarmos somente nas suas extremidades.

Com a cota do tubo (CP) na posição da régua, o diâmetro da tubulação (DN) conforme o projeto, a espessura do tubo (E) conforme fabricante ou medido na obra, e a altura da cruzeta (AC) definida pelo pessoal da obra, calculamos a cota da régua (CR).



$$CR = CP + DN + E + AC$$



1.4.5. Técnicas de Locação

1.4.5.1. Coordenadas Polares

Esta técnica é utilizada para locação planimétrica dos elementos notáveis do projeto quando a estação total for convencional, de modo similar como visto no item 1.2. Limites de Imóveis.

1.4.5.2. Coordenadas Retangulares

Esta técnica é utilizada para locação planimétrica das estacas quando a estação total for robótica ou RTK. Iremos detalhar melhor esta técnica no item 1.5 Parcelamentos.

1.4.5.3. Trena

Quando o projeto for referenciado aos elementos existentes, como muro, cerca, meio fio, terço da via, eixo da via, etc, pode-se utilizar a trena simples para o posicionamento planimétrico dos elementos notáveis do projeto.

1.4.5.4. Nivelamento Geométrico

A locação da cota da régua pode ser feita da mesma maneira como foi executada no item 1.3 Edificações.

1.4.5.5. Nivelamento Trigonométrico

A locação da cota da régua pode ser feita da mesma maneira como foi executada no item 1.3 Edificações.

1.4.5.6. Nivelamento RTK

A locação da cota da régua pode ser feita com RTK similar ao demonstrado no item 1.1 Linhas de Inundação.

1.5. PARCELAMENTOS

Denomina-se Parcelamento todo e qualquer projeto que crie novas parcelas de imóveis que poderão virar registro. Comumente são os loteamento, desmembramentos e partilhas.

1.5.1. Interpretação do projeto

Um projeto de desmembramento é bastante simples, demonstrando a área existente e sua divisão. Logicamente, o projeto de desmembramento deve ser elaborado a partir de um levantamento topográfico.

O projeto de loteamento é mais complexo, pois são elaboradas várias pranchas dos diversos projetos de infraestrutura que são obrigatórios. É fundamental que se faça a interpretação do projeto, buscando entender os limites de cada parcela criada pelo projeto, para que efetivamente os vértices dos limites das parcelas sejam locadas em campo.

Quanto ao referencial planimétrico, deve-se ter especial atenção ao sistema de projeção, pois não utilizando o plano horizontal como referência, deve-se fazer os cálculos dos fatores de deformação.

1.5.2. Serviços preliminares

No caso de desmembramentos, os serviços preliminares devem seguir da mesma forma como foi visto na locação de imóveis.

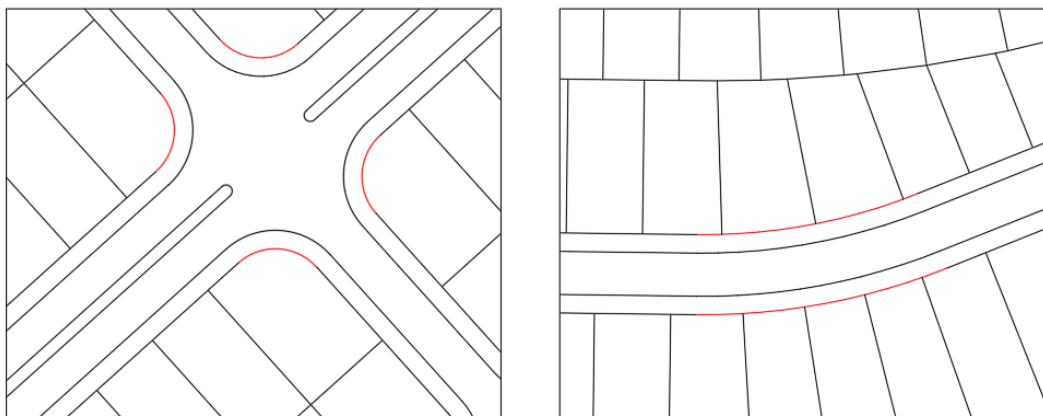
Em função da extensão do loteamento ser significativa (facilmente atinge mais de 100m), quando se implanta com estação total o apoio é item essencial, sendo necessário locar uma poligonal para densificar os pontos de apoio. Já a locação com GNSS este problema não existe, mas deve-se atentar aos obstáculos que podem prejudicar o posicionamento.

O levantamento topográfico imediatamente anterior à locação permitirá que sejam dirimidas quaisquer dúvidas sobre o projeto. Com isso poderá ser verificado além da consistência do imóvel x projeto, também o sistema de coordenadas. Em projetos que não existam sistema de coordenadas, é fundamental esta etapa para criação de um sistema (mesmo que arbitrário) para que elementos definidores em campo possam estar num mesmo sistema dos pontos de apoio. Assim a locação poderá ser feita de forma segura e podendo ser previsto todos os problemas de confrontações antes da locação, evitando perda de tempo para uma eventual mudança na posição dos limites.

1.5.3. Criação de pontos de projeto

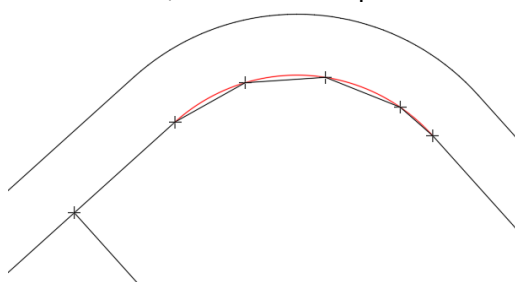
Com o projeto no sistema de coordenadas dos pontos de apoio, é necessária a criação dos pontos de interesse do projeto para então transferir para a estação total ou RTK. Estações ou RTK que permitem transferência de arquivo gráfico diretamente de um CAD, este passo pode ser suprimido.

Como é bastante comum em projetos de loteamento, as parcelas de esquina possuem curvatura, assim como também poderão ter outras parcelas com concordância horizontal.



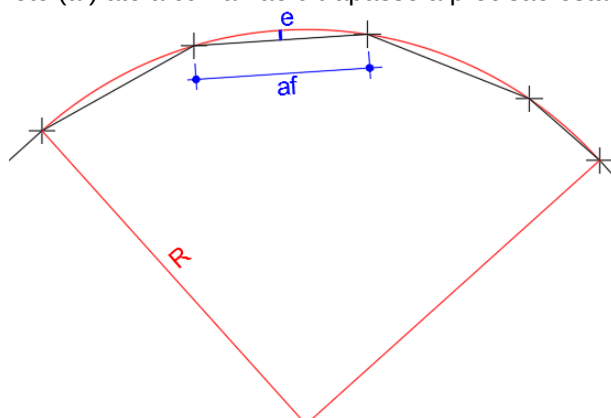
Limites curvos em esquinas e em curvas do sistema viário

Em campo a locação se dá sempre por vértices e não por curva. Portanto será necessário criar pontos nas curvas para então executar a locação. Porém, quando um limite curvo de uma parcela é locado, o limite não estará perfeitamente sobre a sua linha curva a ser locada, resultando em perda ou acréscimo de área.



Segmentos retos definidos pelos vértices

Para não haver prejuízo nem ganho ao proprietário, o espaçamento entre os pontos deve ser tal que o afastamento do segmento reto (af) até a curva não ultrapasse a precisão estabelecida para a locação.



$$af \leq \frac{\pi \cdot R \cdot \cos\left(\frac{R-e}{R}\right)}{90}$$

Isso faz com que quanto menor é o raio, menor deverá ser o espaçamento entre os pontos em campo. Para determinar o maior espaçamento possível em campo, podemos adotar a seguinte equação:

1.5.4. Formas de Materialização

Marco de concreto, marcos sintético, marco de pedra, marco metálico. Se a locação for provisória, poderá ser feito com piquetes ou estacas de madeira.



1.5.5. Técnicas de Locação

1.5.5.1. Coordenadas Polares

Esta técnica é utilizada para locação planimétrica dos elementos notáveis do projeto quando a estação total for convencional, de modo similar como visto no item 1.2. Limites de Imóveis.

Deve-se ter especial atenção em casos de projetos que utilizem alguma projeção TM e forem locados com estação total, pois teremos que transformar as distâncias TM em DH para que a locação seja possível. Para isso, como visto em Geodésia, serão necessários o K e o Fr para então obter o Kr.

O Fr é calculado pela equação $Fr = 1 - \frac{H}{Rm}$

onde H é a altitude da estação e Rm é o raio médio e podemos adotar 6378000

Já o K pode ser calculado pelas equações simplificadas abaixo usando como base as coordenadas TM:

$$K_{UTM} = (X - 500000)^2 \cdot 1,23 \cdot 10^{-14} + 0,9996$$

$$K_{RTM} = (X - 400000)^2 \cdot 1,23 \cdot 10^{-14} + 0,999995$$

$$K_{LTM} = (X - 200000)^2 \cdot 1,23 \cdot 10^{-14} + 0,999995$$

Estas equações são suficientes para obras de engenharia, pois em geral a distância que será locada a partir dos pontos de apoio será muito pequena na ordem de até poucas centenas de metros.

Existem várias formas das estações totais trabalharem com os sistemas de projeção. É fundamental você conhecer como o equipamento que você vai usar trabalha. Segue as formas possíveis:

Não usa sistema de projeção: neste caso os cálculos terão que serem feitos manualmente e o programa de locação da estação total não adiantará de nada. Para estas estações totais, é melhor você transformar o projeto para o PTL e assim utilizar o programa de locação. Para obras complexas onde o projeto está em constante alteração, não é conveniente adotar esta solução.

Usa apenas um fator de escala: nestes modelos você deve introduzir diretamente o Kr, sendo este calculado manualmente.

Usa o K e Fr: nestes modelos você deve introduzir o K e o Fr e a estação calculará o Kr. Os fatores K e Fr são calculados manualmente.

Usa o K e a altitude digitada: nestes modelos você deve introduzir o K e a altitude. Com a altitude será calculado o Fr que juntamente com o K será calculado automaticamente o Kr. O fator K deve ser calculado manualmente e a altitude do ponto deve ser conhecida (ou altitude média).

Usa o K e a altitude do ponto ocupado: nestes modelos você deve introduzir o K e a altitude será a do ponto ocupado. Com a altitude, será calculado o Fr que juntamente com o K digitado será calculado o Kr automaticamente. O fator K deve ser calculado manualmente e a altitude do ponto deve ser conhecida.

Usa Sistemas de projeção: modelos mais sofisticados trabalham com os sistemas de projeção e elas mesmo calculam o K dos sistema de projeção e a altitude é obtida do ponto ocupado. Infelizmente pelo alto custo estes modelos não são padrão no Brasil por causa do custo elevado.

1.5.5.2. Coordenadas Retangulares

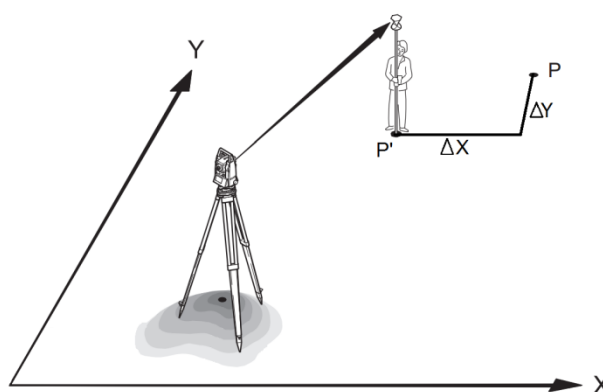
Esta técnica é utilizada para locação planimétrica dos elementos notáveis do projeto quando o equipamento utilizado for uma estação total robótica ou for utilizado GNSS RTK, onde o cálculo das coordenadas do bastão é feita de forma instantânea. Com estações totais convencionais, este método não é produtivo, pois para cada movimento do prisma é necessária a visada nele e então disparar a medição para então se obter a coordenada do bastão.

A locação por coordenadas retangulares também é por tentativas, onde compara-se a coordenada retangular obtida em campo com a coordenada de projeto. Desta forma sabe-se o quanto tem que deslocar o ponto na direção X e Y.

Os softwares utilizados em estações totais robóticas e nos GNSS RTK, apresentam telas gráficas que auxiliam o deslocamento até o ponto projetado, sem mesmo se preocupar de fato com as coordenadas retangulares.



Fonte: www.hds.leica-geosystems.com



Fonte: adaptado www.hds.leica-geosystems.com

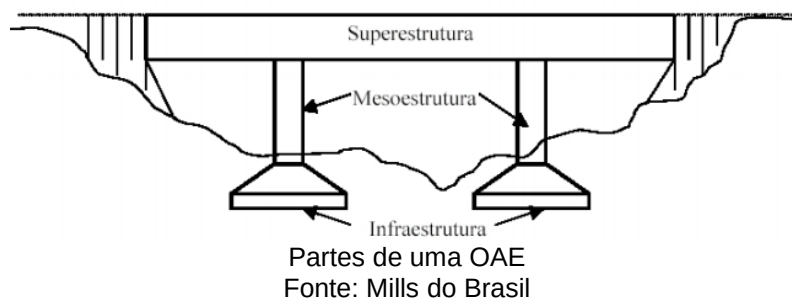
Quando usar estação total robótica, deve-se configurar o sistema de projeção para que o software faça o processamento geodésico corretamente.

A locação com RTK não exige o uso de fatores, pois o GNSS não mede distâncias sobre o plano horizontal, mas sim coordenadas cartesianas geocêntricas. A transformação para o sistema de projeção é feita de forma automática no próprio software do RTK.

1.6. OBRAS DE ARTE ESPECIAIS

Obras de Arte Especiais (OAE) são obras tecnicamente complexas para vencer certos obstáculos, que exigem projetos exclusivos e grandes investimentos, as caracterizando como especiais. Podem ser de concreto ou aço. São exemplos de OAE: viadutos, pontes, elevados, passarelas e pier.

A Obra se inicia pelo posicionamento da mesoestrutura (pilares) que serão fixados em solo através da Infraestrutura. A Superestrutura é efetivamente a parte que suportará a pista de rolamento.



Ponte apoiada em sua mesoestrutura
Fonte: www.datuopinion.com



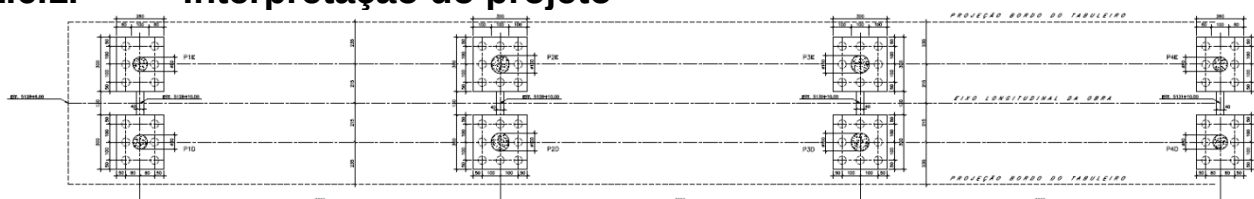
Mesoestrutura pronta de um viaduto
Fonte: Mills do Brasil



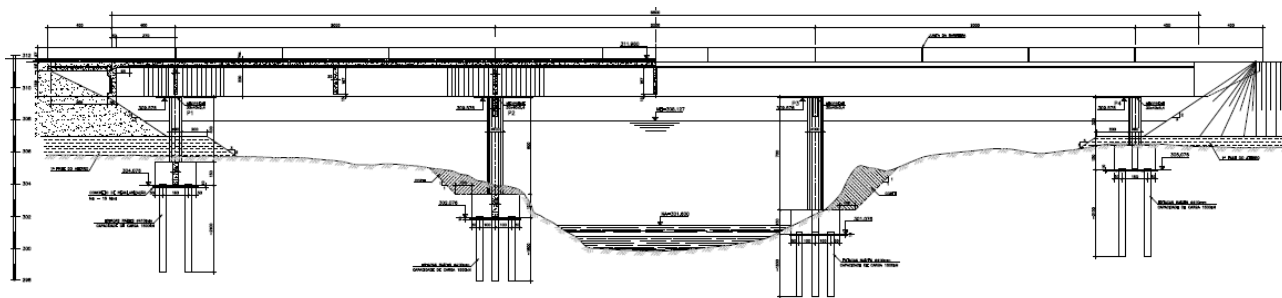
Superestrutura de um viaduto sendo executada
Fonte: Mills do Brasil

É função da equipe de topografia o posicionamento dos pilares conforme o projeto.

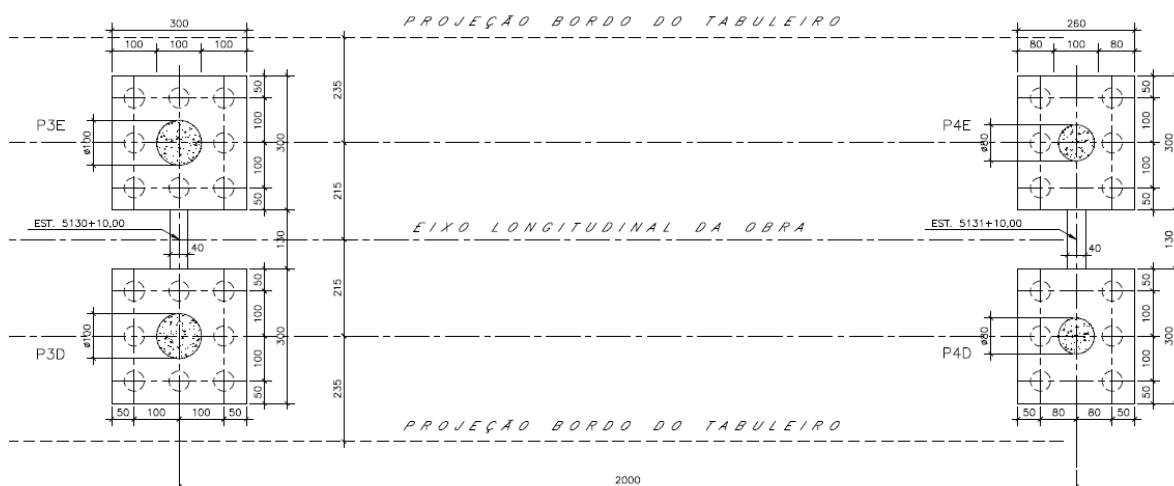
1.6.1. Interpretação do projeto



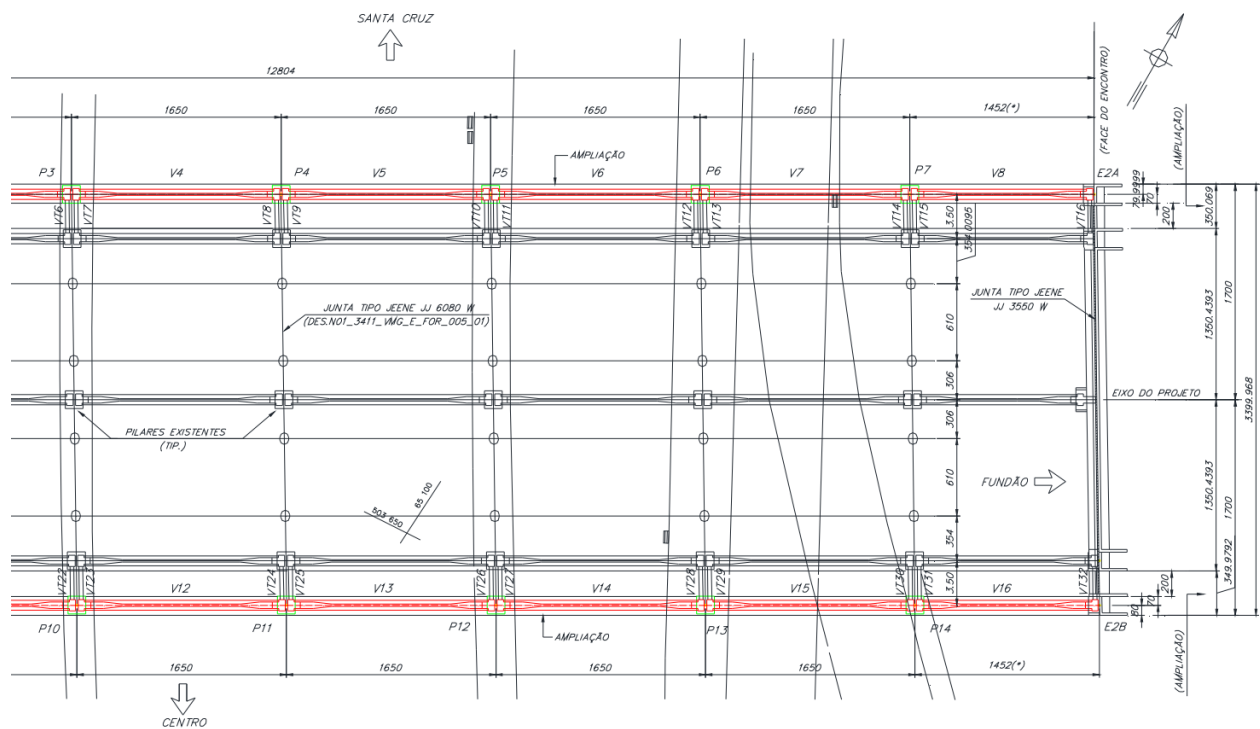
Projeto de Ponte – Localização da Infraestrutura - Vista em Planta
Fonte: Janaína Almeida Bacelar Gama



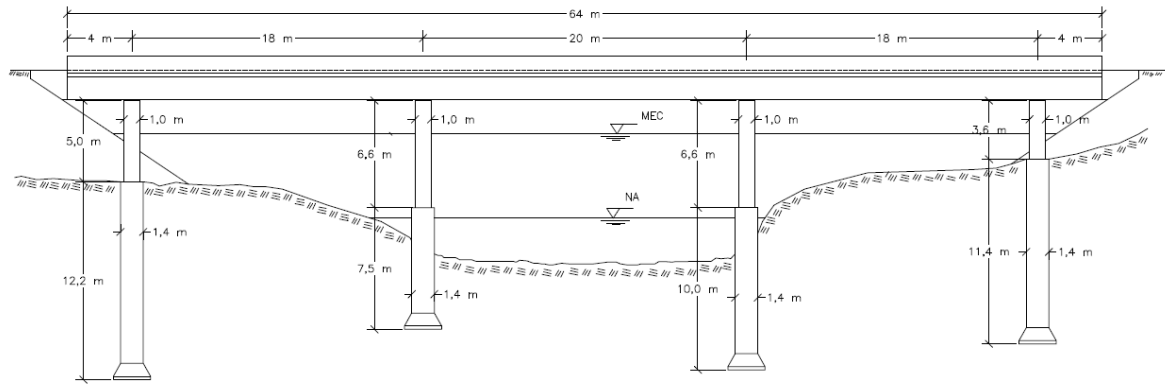
Projeto de Ponte – Locação da Infraestrutura - Vista em Perfil
Fonte: Janaína Almeida Bacelar Gama



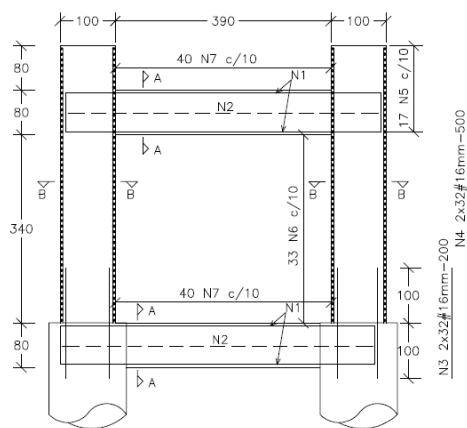
Projeto de Ponte – Locação da Infraestrutura - Vista em Planta (ampliado)
Fonte: Janaína Almeida Bacelar Gama



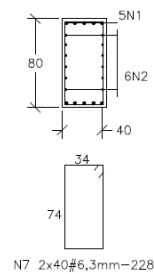
Projeto de ampliação de Viaduto – Locação dos Pilares - Vista em Planta
Fonte: Noronha Engenharia



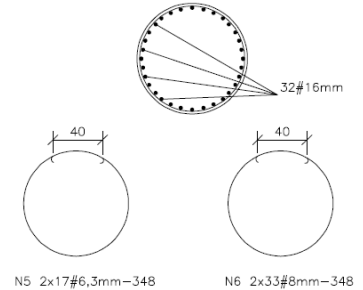
Projeto de Ponte - Vista Longitudinal
Fonte: Daniel de Lima Araújo



CORTE AA



CORTE BB



Projeto de Ponte - Vista Transversal - Detalhes de Armadura
Fonte: Daniel de Lima Araújo

1.6.2. Orientação topográfica em campo

Nas obras em terra, a orientação é feita exatamente como ocorre em obras de edificações, ou seja, para cravação de estacas marca-se com piquetes e os pilares através das marcações em gabarito.

Nas obras em água, a orientação é feita através de visadas diretas nas estacas ou camisas metálicas. Aliado a isso, o bate-estaca ou guindaste estão posicionados em flutuantes o que impede que as estacas/camisas fiquem paradas.



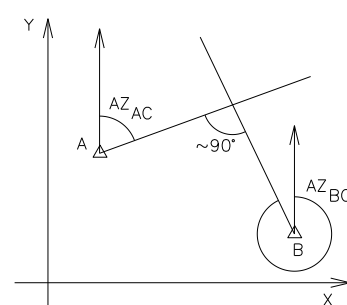
Guindaste sobre Flutuante posicionando a camisa para cravação



Flutuante para cravação das camisas
Fonte: www.costafortuna.com.br

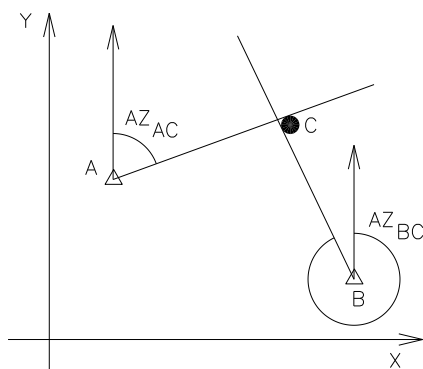
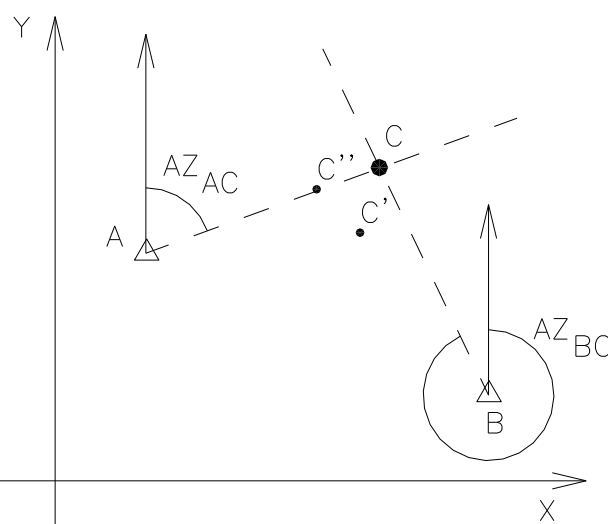
Por este motivo, a orientação deve ser feita em tempo real sem medição de distância, com aproximação apenas visual. O método que permite esta operação é a interseção angular, com o uso de 2 estações totais.

Com as estações orientadas no sistema de coordenadas, calcula-se o azimute de cada instrumento para o ponto a ser locado e na interseção das visadas loca-se o ponto. A qualidade do trabalho depende da escolha dos pontos de estação de forma que a interseção dos pontos a serem locados seja o mais próximo possível de um ângulo reto.



Na figura abaixo, temos o ponto a ser locado C, onde o C' está fora dos dois alinhamentos. Cada operador do equipamento orienta a pessoa que está com a baliza para se posicionar nos alinhamentos. O ponto C'' está no alinhamento de AC, mas não está no alinhamento BC, sendo necessário o operador B orientar o deslocamento em direção ao C.

Devido ao grande diâmetro das estacas/camisas (na ordem de 1 metro) e o martelo/vibrador na ponta, a visada no seu centro é impossível, devendo portanto ser usado uma das faces da estaca/camisa como referência.





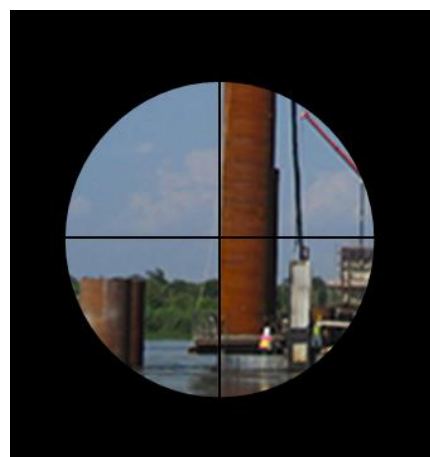
Face usada como referência
Foto: Trevi Geos



Camisa deve ser deslocada para à direita



Camisa deve ser deslocada para à esquerda



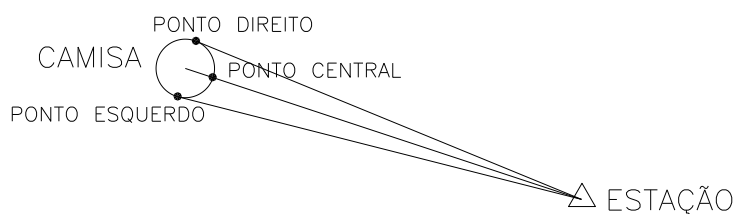
Camisa na direção correta

Quando a camisa estiver tangente a partir das duas direções, ela estará na posição correta.

1.6.3. Criação de pontos de projeto

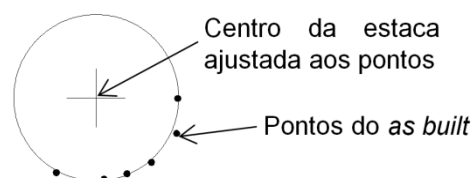
Para facilitar e agilizar o processo de locação, devemos criar os pontos de tangência da camisa para uso do programa de locação em campo. A cota dos pontos deve ser a de arrasamento da estaca/camisa informada no projeto.

O ponto central na face da estaca é interessante para redundância da locação, evitando erros grosseiros.



1.6.4. Levantamento como construído (*as built*)

Após a cravação da estaca, faz-se o *as built* utilizando a medição sem prisma diretamente sobre a face da estaca/camisa. Deve-se medir no mínimo 5 pontos no mesmo nível (aproximadamente) para que o centro seja calculado em escritório.



É quase impossível que a estaca fique perfeitamente na vertical. Para calcular a inclinação da estaca, deve-se medir os pontos em dois níveis:

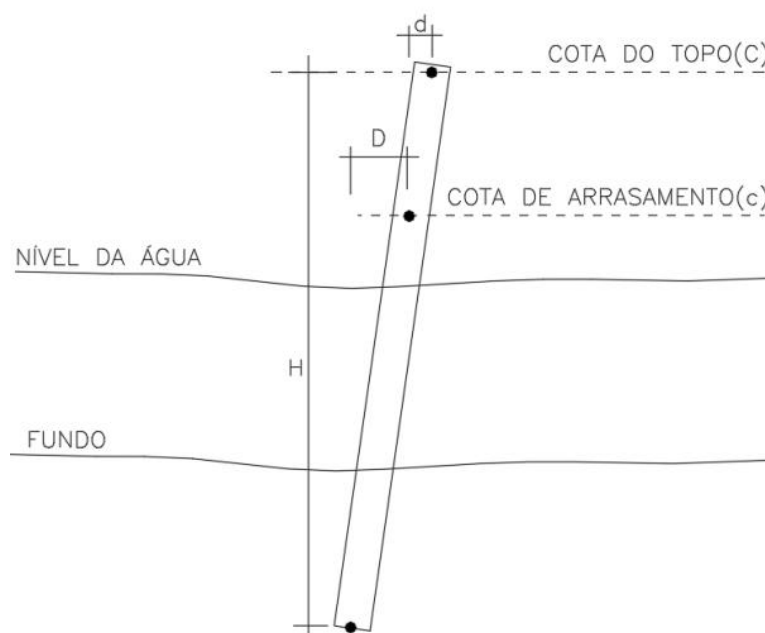
Na cota de arrasamento: após o arrasamento da estaca/camisa para apoiar a superestrutura da OAE, o topo ficará nestes pontos e portanto o centro calculado representará melhor a estaca.

No topo da estaca: com o deslocamento do centro calculado no topo para o centro calculado na cota de arrasamento, pode-se descobrir o quanto a estaca está fora da vertical aplicando-se a seguinte equação:



Pontos medidos na cota de arrasamento e no topo da estaca/camisa

$$D = \frac{d}{C - c} \cdot (H - C + c)$$



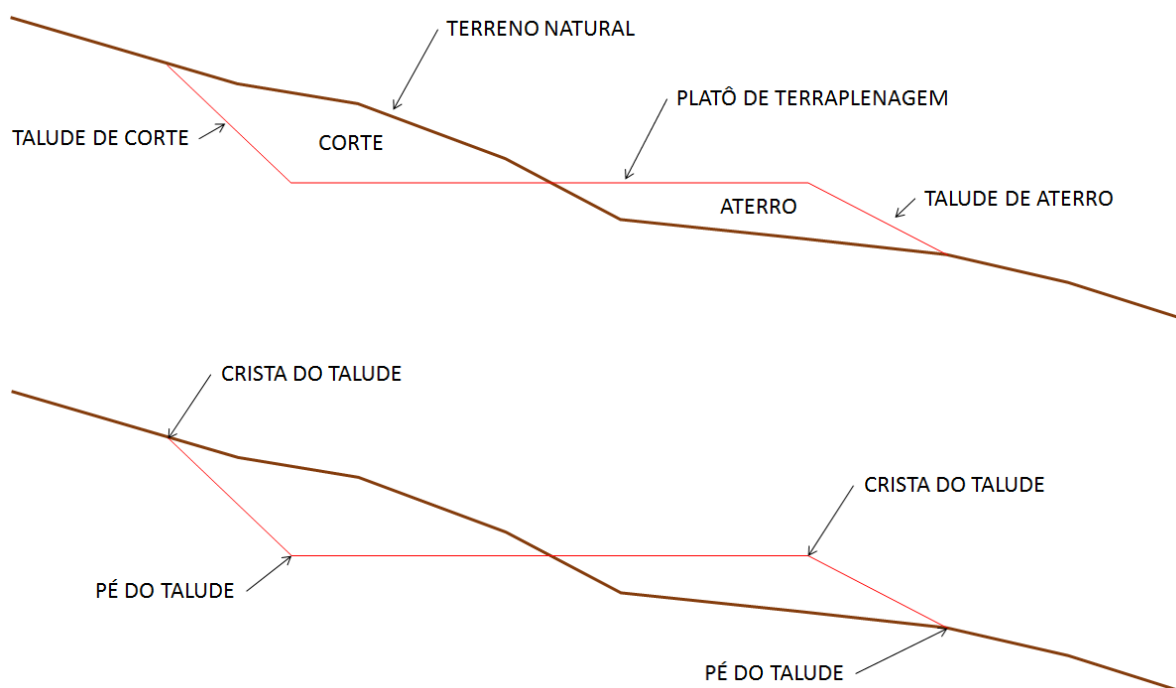
1.7. TERRAPLENAGEM

1.7.1. Interpretação do projeto

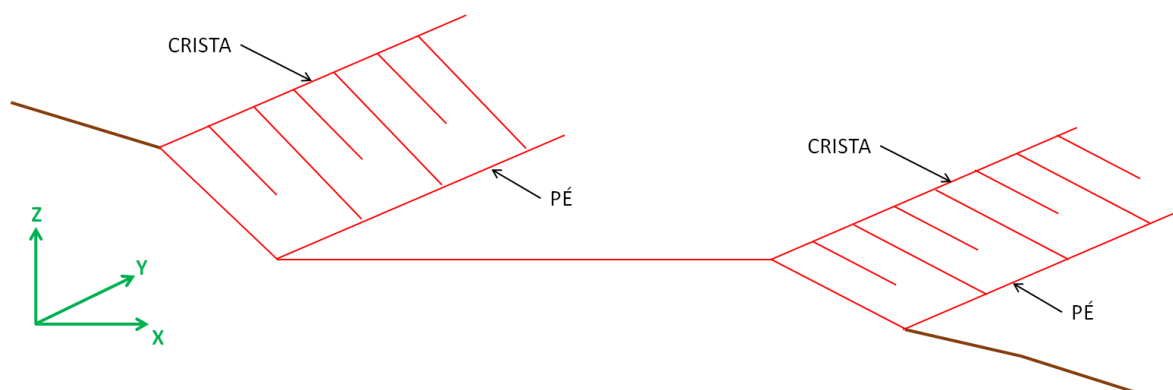
O projeto de terraplenagem deve apontar elementos importantes como:

- referencial planimétrico;
- referencial altimétrico;
- coordenadas e cotas dos pontos notáveis;
- inclinação longitudinal e transversal de platôs e plataformas de terraplenagem;
- inclinação dos taludes.

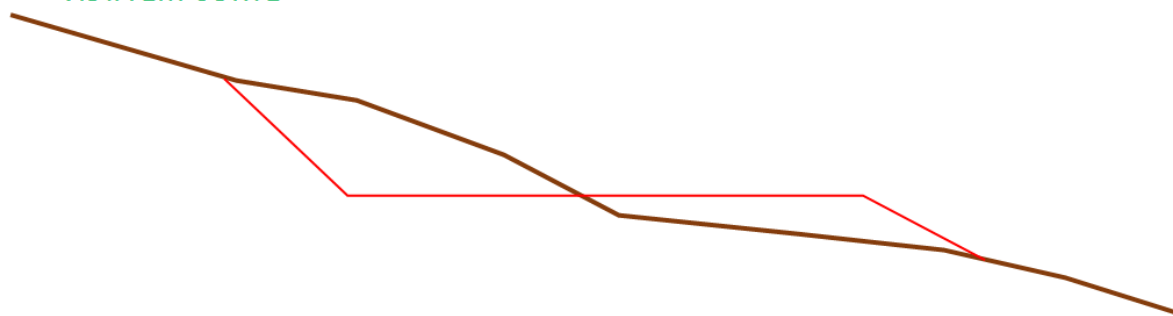
Quanto ao referencial planimétrico, deve-se ter especial atenção ao sistema de projeção, pois não utilizando o plano horizontal como referência, deve-se fazer os cálculos dos fatores de deformação quando a locação for feita com estação total ou a obra devidamente configurada quando a estação total ou o RTK trabalhar com sistema de projeção.



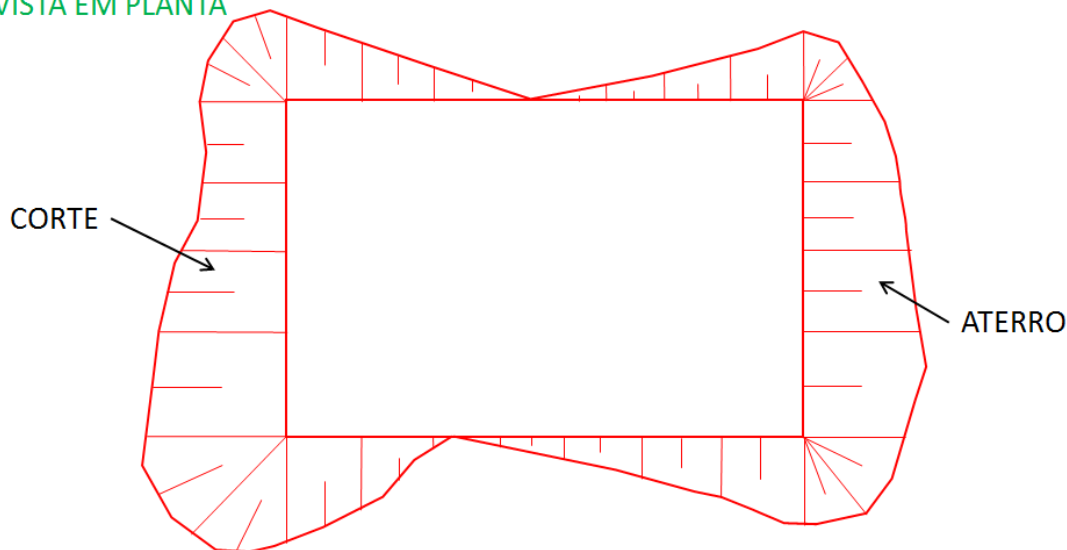
A convenção de talude é feita com traços perpendiculares à linha de projeto ligando a crista com o pé do talude, alternando linha inteira com linha pela metade, onde a linha pela metade está sempre partindo da crista.



VISTA EM CORTE

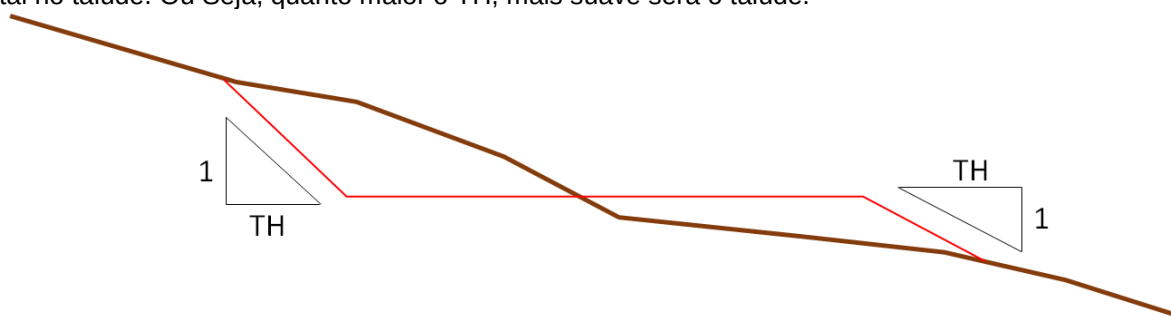


VISTA EM PLANTA



A inclinação longitudinal e transversal é dado em porcentagem e caso o projeto não informe a cota do ponto a ser locado, é necessário calcular a cota fazendo regra de 3.

A inclinação do talude é dado na proporção 1:TH, onde 1 é a distância vertical no talude e TH a distância horizontal no talude. Ou seja, quanto maior o TH, mais suave será o talude.



Em algumas literaturas e regiões, é utilizado uma proporção com números inteiros onde a distância vertical no talude pode ser diferente de 1, por exemplo 2/3. O talude 2/3, equivale matematicamente ao talude 1/1,5, bastando realizar a simplificação.

1.7.2. Serviços preliminares

Em função da extensão de obras de terraplenagem, quando se implanta com estação total o apoio é item essencial, sendo necessário locar uma poligonal para densificar os pontos de apoio. Já a locação com GNSS este problema não existe, mas deve-se atentar aos obstáculos que podem prejudicar o posicionamento.

O levantamento topográfico imediatamente anterior à locação permitirá que sejam dirimidas quaisquer dúvidas sobre o projeto e também o cálculo de volumes em função de uma possível alteração do terreno desde o levantamento topográfico para o projeto até o início das obras. Com isso poderá ser verificado o sistema de coordenadas e principalmente o referencial altimétrico. Em projetos que não existam sistema de coordenadas, é fundamental esta etapa para criação de um sistema (mesmo que arbitrário) para que elementos definidores em campo possam estar num mesmo sistema dos pontos de apoio.

1.7.3. Criação de pontos de projeto

Deve-se criar pontos com cota nos pontos notáveis do projeto, caso o mesmo não informe.

Em áreas com grandes extensões, como é o caso de platôs, é necessário a criação de pontos intermediários para orientar a execução da terraplenagem.

Em projetos viários, pode-se utilizar a nota de serviço de terraplenagem que informa as declividades de super elevação e super largura a cada estaca do projeto.

Lado Esquerdo									Eixo			Lado Direito								
Offset				Lateral		Bordo			Cota	Cota	Cota	Bordo			Calçada			Offset		
Estaca	Dist	Cota	Alt.	Dist	Cota	Dist	Cota	%	Terreno	Projeto	Verm	Dist	Cota	%	Dist	Cota	Dist.	Cota	Alt.	
182	-4,9000	182,758	0,331	-4,9000	182,427	-3,6000	182,479	3,00	182,847	182,371	0,476	3,6000	182,263	-3,00	6,6000	182,323	6,6000	182,588	0,265	
183	-4,9000	183,040	0,503	-4,9000	182,537	-3,6000	182,589	3,00	182,891	182,481	0,410	3,6000	182,373	-3,00	6,6000	182,433	6,6000	182,646	0,213	
184	-4,9000	183,190	0,543	-4,9000	182,647	-3,6000	182,699	3,00	183,061	182,591	0,470	3,6000	182,483	-3,00	6,6000	182,543	6,6000	182,834	0,291	
185	-4,9000	183,090	0,333	-4,9000	182,757	-3,6000	182,809	3,00	183,352	182,701	0,651	3,6000	182,593	-3,00	6,6000	182,653	6,6000	183,162	0,509	
186	-4,9000	183,243	0,376	-4,9000	182,867	-3,6000	182,919	3,00	183,263	182,811	0,452	3,6000	182,703	-3,00	6,6000	182,763	6,6000	183,064	0,301	
187	-4,9000	183,392	0,415	-4,9000	182,977	-3,6000	183,029	3,00	183,578	182,921	0,657	3,6000	182,813	-3,00	6,6000	182,873	6,6000	183,465	0,592	
188	-4,9000	183,512	0,425	-4,9000	183,087	-3,6000	183,139	3,00	183,725	183,031	0,694	3,6000	182,923	-3,00	6,6000	182,983	6,6000	183,292	0,309	
189	-4,9000	183,633	0,436	-4,9000	183,197	-3,6000	183,249	3,00	183,653	183,141	0,512	3,6000	183,033	-3,00	6,6000	183,093	6,6000	183,408	0,315	
190	-4,9000	183,745	0,438	-4,9000	183,307	-3,6000	183,359	3,00	183,892	183,251	0,641	3,6000	183,143	-3,00	6,6000	183,203	6,6000	183,521	0,318	
191	-4,9000	183,942	0,525	-4,9000	183,417	-3,6000	183,469	3,00	183,898	183,361	0,537	3,6000	183,253	-3,00	6,6000	183,313	6,6000	183,582	0,269	
192	-4,9000	184,207	0,680	-4,9000	183,527	-3,6000	183,579	3,00	184,098	183,471	0,627	3,6000	183,363	-3,00	6,6000	183,423	6,6000	183,690	0,267	
193	-4,9000	184,410	0,773	-4,9000	183,637	-3,6000	183,689	3,00	184,118	183,581	0,537	3,6000	183,473	-3,00	6,6000	183,533	6,6000	183,810	0,277	

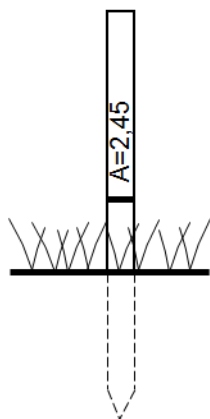
Exemplo de Nota de Serviço de Terraplenagem

1.7.4. Formas de Materialização

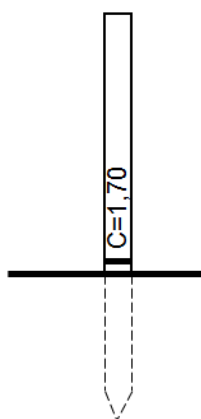
A locação da terraplenagem é materializada através de estacas. As estacas devem ser altas o suficiente para chamar atenção na obra e permitir anotações orientativas de quanto é necessário cortar ou aterrar.

Deve ser pintado um anel circundando toda a estaca na parte mais baixa, porém seja de fácil visualização na obra. Na face voltada para a obra deve-se anotar o valor de corte ou aterro a ser executado. O valor a cortar ou aterrar se refere ao anel e não ao terreno. Usa-se 2 casas decimais nas alturas.

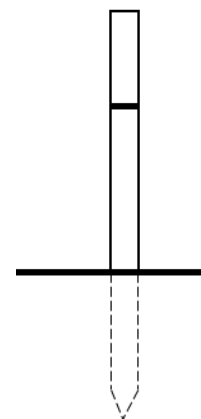
Se o nível do aterro estiver na altura da estaca, pode-se desenhar o anel no nível exato do aterro.



Anotação de Aterro na estaca



Anotação de Corte na estaca



Nível exato de aterro



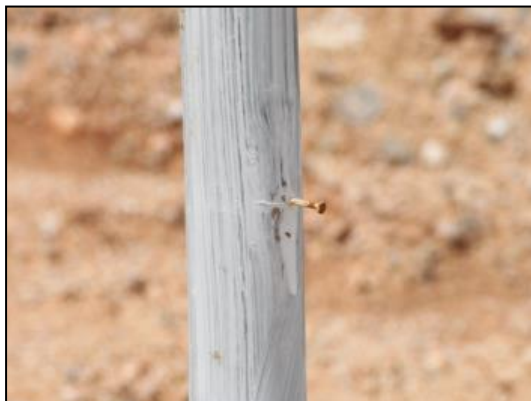
Estacas delimitando os platôs da terraplenagem
Fonte: <http://www.sinepomuceno.mg.gov.br/>



Estacas no meio de platôs extensos (a cada 20m)
Fonte: <http://tutiterraplenagem.com.br/>



Estacas com anel identificando a altura exata do aterro



Estaca com prego identificando o referencial de terraplenagem para uso do fio de náilon

1.7.5. Técnicas de Locação

1.7.5.1. Coordenadas Polares

Esta técnica é utilizada para locação planimétrica dos elementos notáveis do projeto quando a estação total for convencional, de modo similar como visto no item 1.5. Parcelamentos.

Deve-se ter especial atenção em casos de projetos que utilizem alguma projeção TM e forem locados com estação total, pois teremos que transformar as distâncias TM em DH para que a locação seja possível.

1.7.5.2. Nivelamento Trigonométrico

Quando utilizamos estação total para locação planimétrica dos pontos notáveis, podemos fazer uso do nivelamento trigonométrico para identificar a altura de corte ou de aterro da terraplenagem.

$$DN = +i - h + DV \quad C_B = C_E + DN$$

Onde:

DN = Desnível da estação ao ponto visado

i = Altura do instrumento

h = Altura do prisma

DV = Distância vertical

C_B = cota do ponto visado B

C_E = cota da estação

$$CV = C_{B(\text{projeto})} - C_{B(\text{medida})}$$

Obs. : se a CV (cota vermelha) for negativa é corte, se for positiva é aterro

1.7.5.3. Coordenadas Retangulares

Esta técnica é utilizada para locação planimétrica dos elementos notáveis do projeto quando o equipamento utilizado for uma estação total robótica ou for utilizado GNSS RTK, de modo similar como visto no item 1.5. Parcelamentos.

1.7.5.4. Nivelamento Geométrico

Apesar de estar em desuso para terraplenagem, o nivelamento geométrico pode ser utilizado para medir a cota do anel pintado na estaca e então comparar com a cota do projeto.

$$APV = C_A + Lr_A \quad C_B = APV - L_B$$

$$CV = C_{B(\text{projeto})} - C_{B(\text{medida})}$$

Obs. : se a CV (cota vermelha) for negativa é corte, se for positiva é aterro

Onde:

APV = Altura do Plano de Visada

C_A = cota do ponto A visado a ré
 L_{rA} = leitura de mira a ré no ponto A
 C_B = cota do ponto visado a vante
 L_{vB} = leitura de mira a vante no ponto B
 CV = cota vermelha: altura de corte ou de aterro

EXEMPLO

Num terreno urbano será feita a terraplenagem para a construção de uma residência, onde no projeto de terraplenagem define a cota do platô de 383,000. No meio fio tem uma RN implantada no levantamento topográfico de cota 381,837. Para orientação da execução da terraplenagem, foram cravadas várias estacas (entre elas os pontos 1 e 2 identificados na imagem a seguir) e feito o nivelamento geométrico no anel pintado em cada estaca. Busca-se saber, qual a altura de corte ou aterro nos pontos 1 e 2 para anotação na estaca.



$RN = 381,837$
 $L_{ré} = 3,504$
 $LV_{ANTE1} = 2,893$
 $LV_{ANTE2} = 0,732$
 $APV = 381,837 + 3,504 = 385,341$
 $C1 = 385,341 - 2,893 = 382,448$
 $CV1 = 383 - 382,448 = 0,552 \rightarrow \text{ATERRO}$
 $C2 = 385,341 - 0,732 = 384,609$
 $CV2 = 383 - 384,609 = -1,609 \rightarrow \text{CORTE}$

1.7.5.5. Nivelamento com RTK

Como visto na unidade curricular GNSS, o posicionamento via satélite é tridimensional, permitindo transformar as coordenadas cartesianas em coordenadas planas e altitude geométrica.

Vimos na unidade curricular Geodésia que é necessário transformar as altitudes geométricas em ortométricas fazendo uso do modelo geoidal. Também foi visto que em pequenas distâncias, o modelo geoidal sofre pequenas ondulações ($\pm 10\text{mm/km}$). Portanto se utilizarmos a base do RTK dentro da obra, o modelo geoidal não sofrerá ondulação significativa.

Na prática, podemos usar a altitude ortométrica no ponto base, desde que a distância seja curta, não comprometendo a precisão necessária para a terraplenagem.

1.7.5.6. Offset

Offset é a estaca cravada a uma determinada distância da crista de corte ou pé de aterro, devidamente cotada, que serve de apoio à execução de terraplenagem. A sua marcação deve ser perpendicular ao talude. O offset é necessário para que se possa executar os taludes respeitando a declividade de projeto até chegar na cota do projeto.



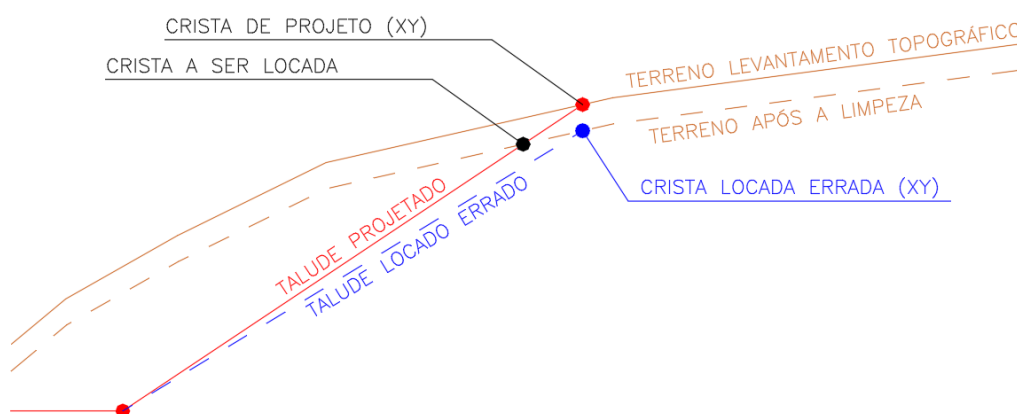
Fonte: <http://gmstopografia.com.br/>



Fonte: <http://mg.quebarato.com.br/>

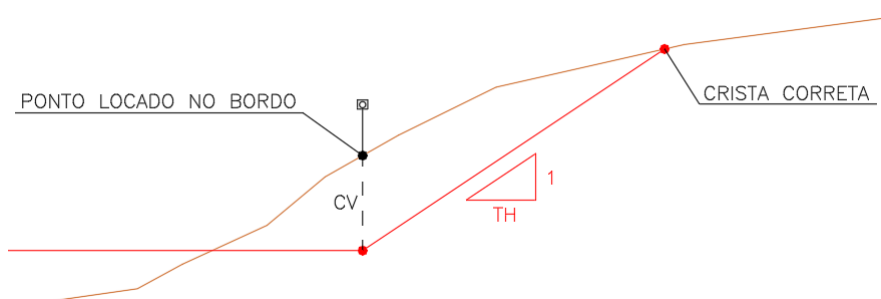
Na estaca de offset é feita então a marcação da altura de corte ou do aterro.

Para locar o offset é necessário encontrar primeiramente a crista ou pé do talude. A locação da crista ou pé do talude deve ser feito por tentativas e não pelo calculado pelo projeto. Isso ocorre porque algumas ondulações do terreno podem não terem sido levantadas ou pode ter havido alguma alteração do terreno após o levantamento e antes da obra. Até mesmo o processo de limpeza do terreno, prejudica bastante o posicionamento direto com os dados do projeto.



O nome Tentativas se deve ao fato de “tentar” adivinhar o ponto de crista ou pé e verificar se o talude está com a inclinação correta ou não. Como este método é feito em campo e em tempo real, o cálculo é fiel ao terreno.

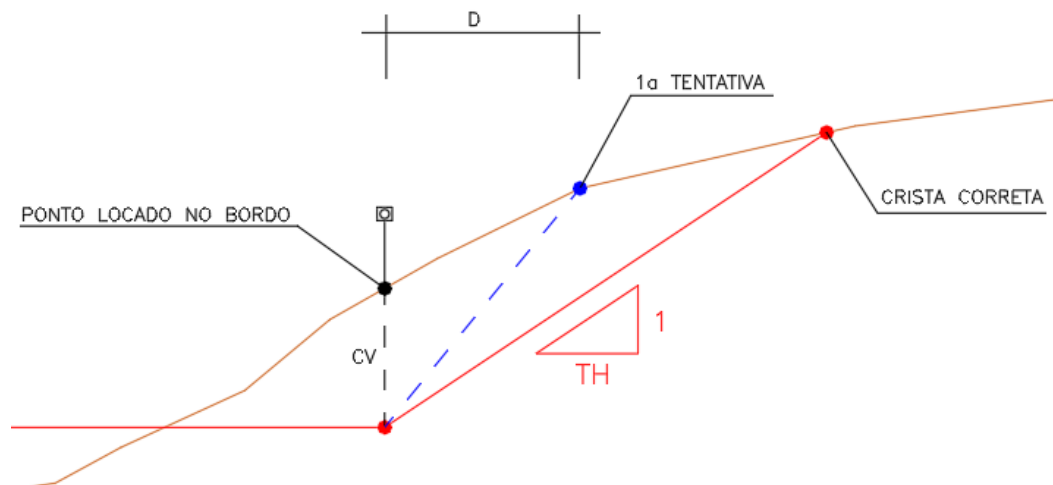
Após locar o ponto do bordo da terraplenagem, teremos o valor de corte ou aterro, que chamamos de cota vermelha (CV). A estação total ou o RTK fornecerão diretamente a CV.



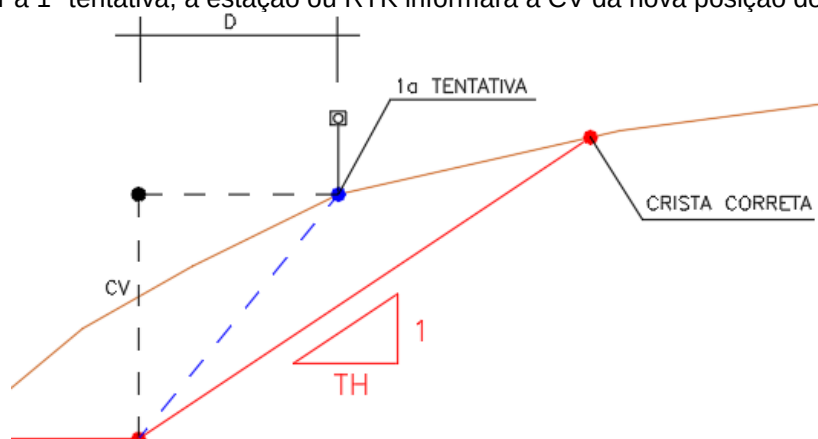
Para iniciar a 1ª tentativa de locação temos que afastar uma distância D do ponto locado no bordo. Este afastamento da 1ª tentativa será em função da inclinação do talude e da CV.

$$D \cong CV.TH$$

O D deve ser arredondado para metros para facilitar o trabalho de campo. Deve-se afastar o prisma a partir do ponto locado no bordo.



Após posicionar a 1ª tentativa, a estação ou RTK informará a CV da nova posição do prisma.



Com a nova CV e a distância afastada (D), calcula-se o i (inclinação do talude).

$$i = \frac{D}{CV}$$

Use o i sempre arredondado para 1 casa decimal.

Se o $i < TH$, o talude está muito inclinado e a D deve ser aumentada.

Se o $i > TH$, o talude está muito suave e a D deve ser reduzida.

Se o $i = TH$, o final do talude (crista ou pé) está no local correto.

Procure usar sempre distâncias inteiras até que o final do talude esteja entre 2 distâncias inteiras. Então passe a utilizar as distâncias arredondadas no décimo.

EXEMPLO

Numa obra de terraplenagem, o bordo de terraplenagem foi locado e a CV resultou em 3,281. O talude de corte deve ser 1:1 e o talude de aterro deve ser 1:1,5. O operador solicitou que seja afastado 50cm do final do talude para a marcação do off-set.

Como a CV foi positiva, é aterro.

$D \approx CV \cdot TH = 3,281 \cdot 1,5 = 4,922 \rightarrow$ adotaremos $D=5,000$

Ao posicionar o prisma nos 5m, a estação total informou a nova $CV=3,678$.

Devemos então calcular o i para verificar a 1ª tentativa $\rightarrow i = 5/3,903 = 1,281 = 1,3$

A inclinação está 1:1,3 portanto o talude está muito inclinado. Devemos aumentar a distância para uma nova tentativa.

Aumentando para $D=6,000$, a estação informou $C=4,259 \rightarrow i = 6/4,259 = 1,409 = 1,4$. O talude ainda está muito inclinado. Aumentaremos para 7m.

Após posicionar o prisma nos 7m, a $CV=4,108 \rightarrow i = 7/4,108 = 1,703 = 1,7$. Agora o talude ficou muito suave. A distância deve ser reduzida para 6,500m.

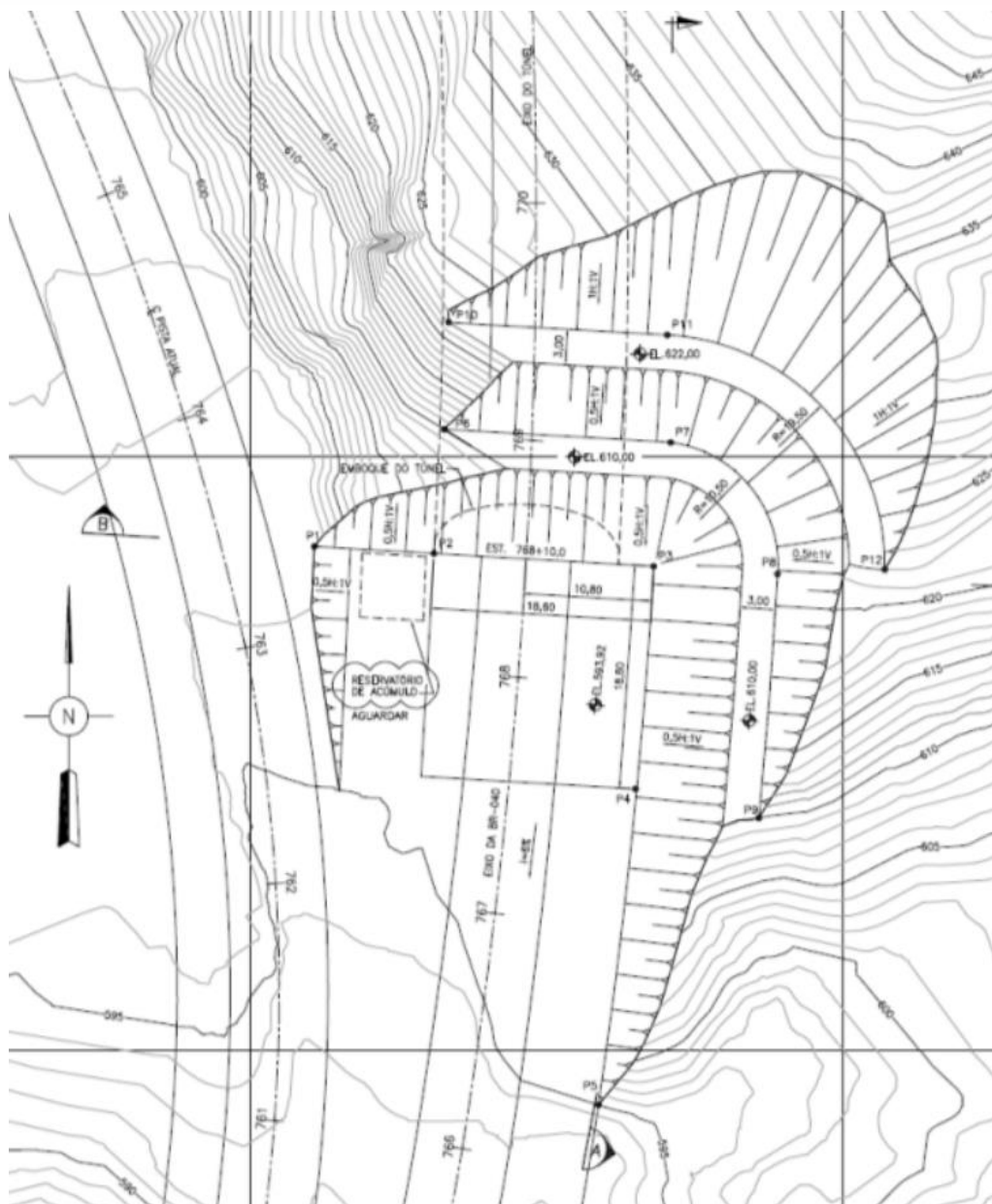
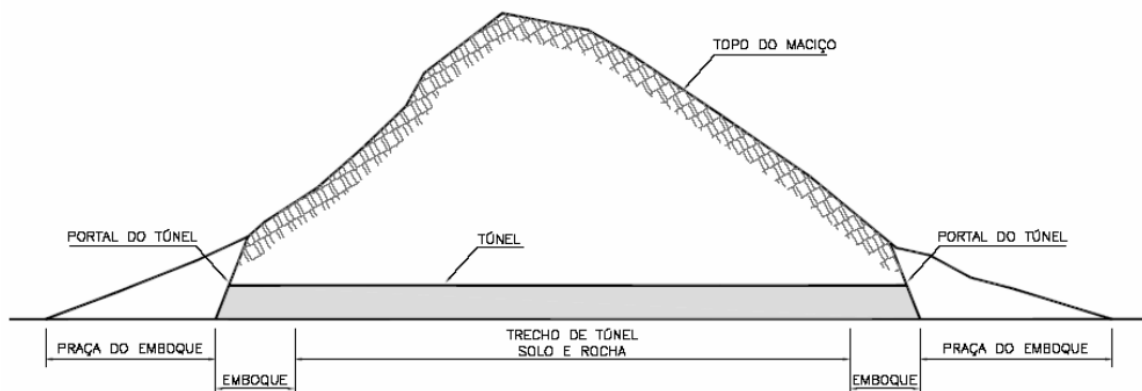
Mudando para 6,5m, $CV=4,149 \rightarrow i = 6,5/4,149 = 1,567 = 1,6$. O talude ainda está muito suave.

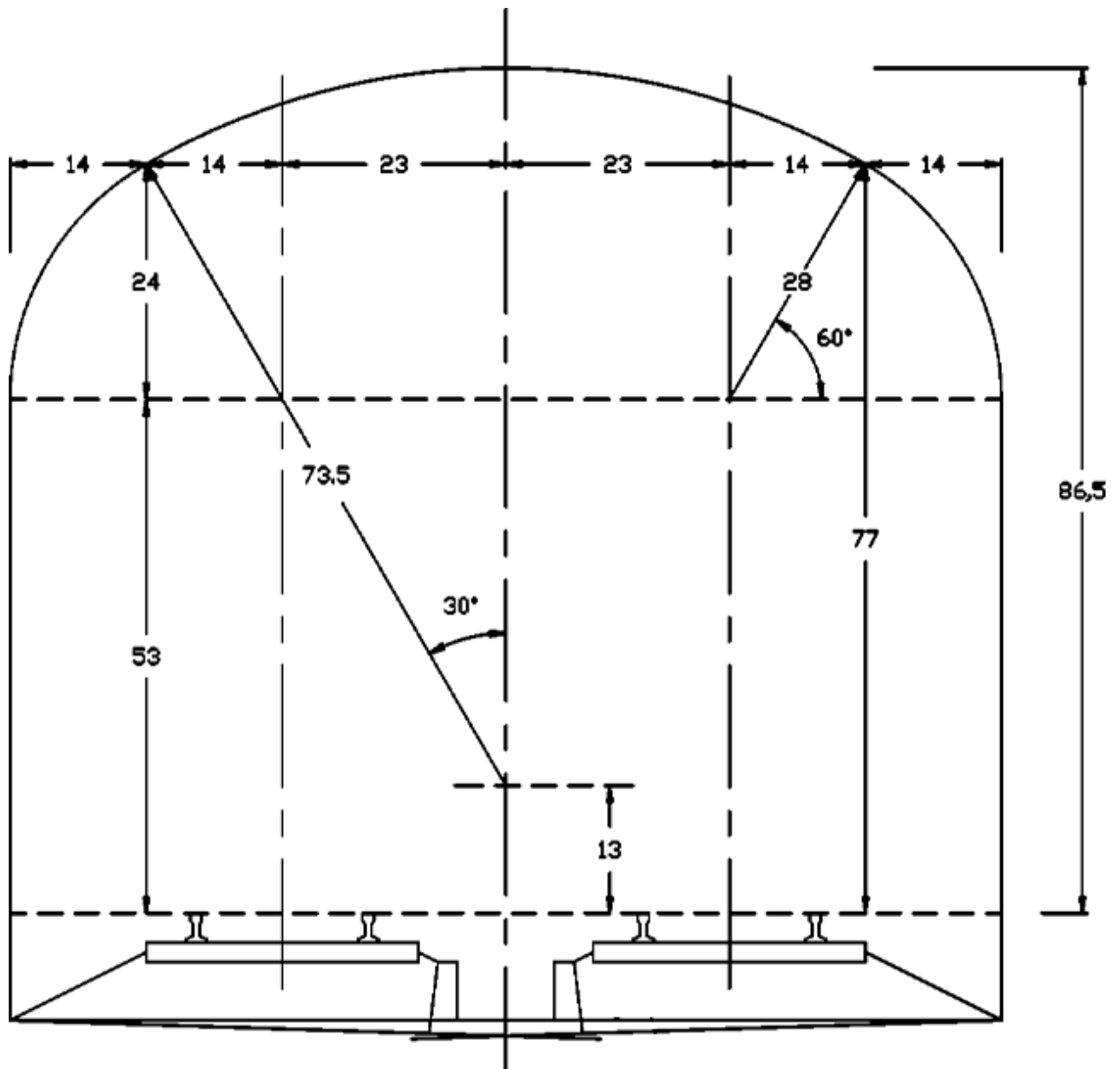
Mudando para 6,3m, $CV=4,165 \rightarrow i = 6,3/4,165 = 1,513 = 1,5$. O talude está com a inclinação correta.

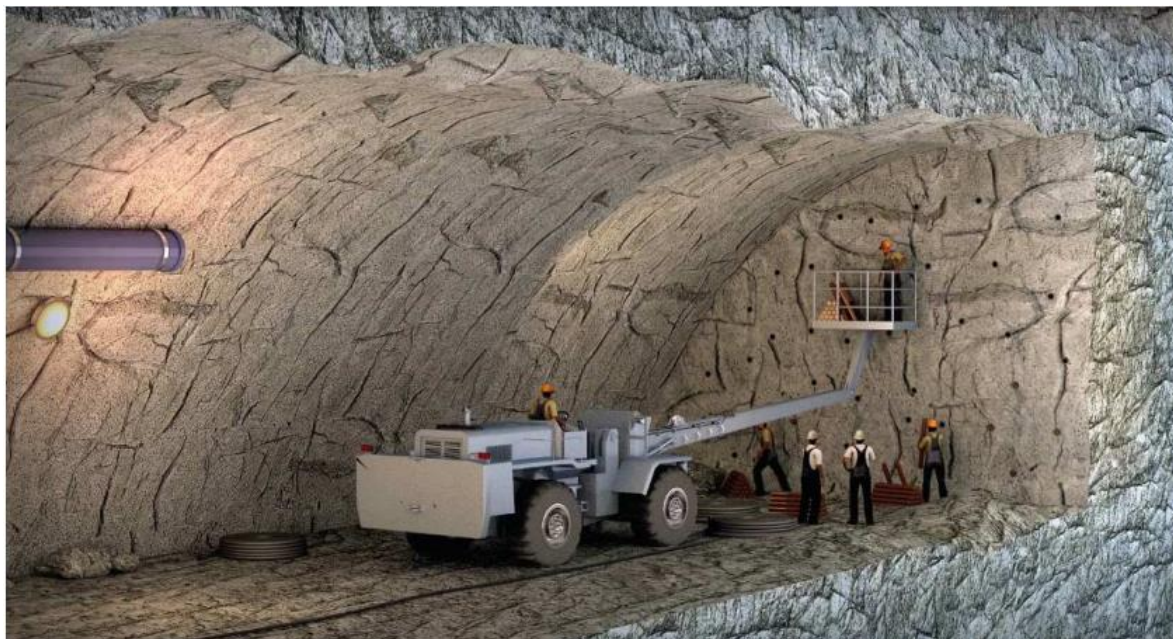
Devemos então afastar os 50cm para marcar o off-set.

Após cravada a estaca do off-set, devemos marcar a altura de aterro ou corte no anel.

1.8. TÚNEIS









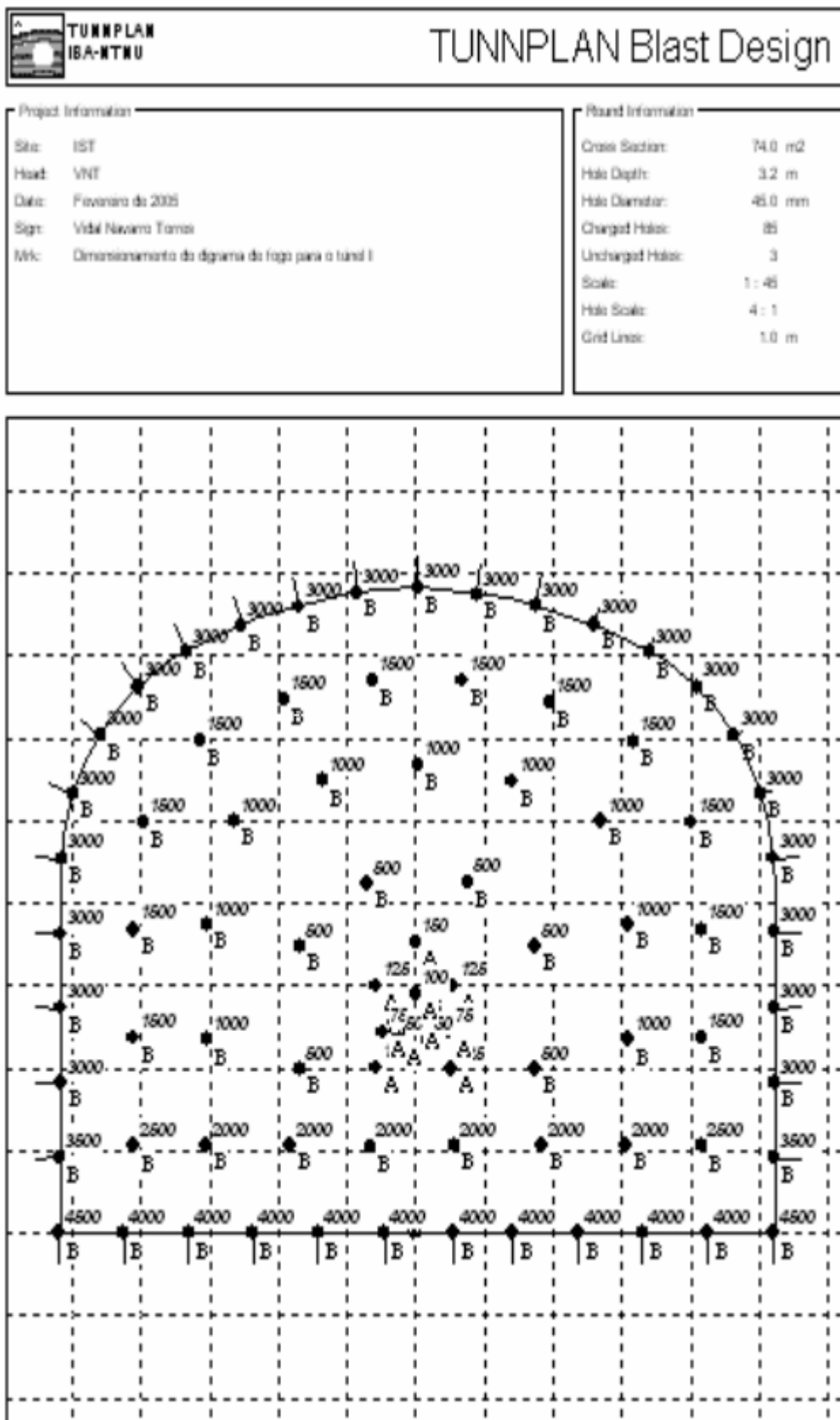


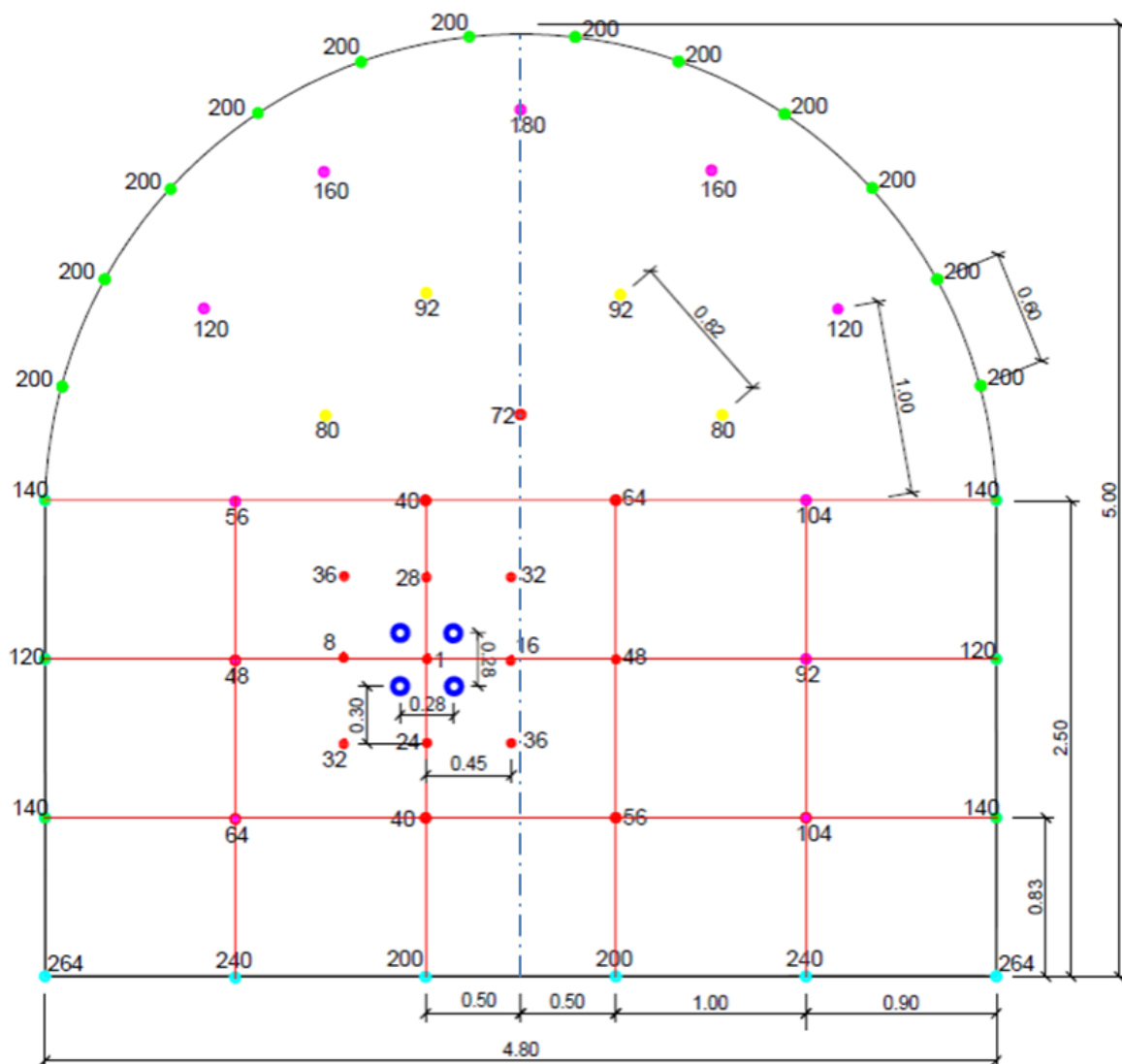
Vídeo da construção de um túnel mostrando a topografia na obra

<https://www.youtube.com/watch?v=WDad7iDem1Q>









1.9. INDUSTRIAL



1.10. TORRES

Torres são estruturas que a sua altura é muito superior à sua largura. Muitas estruturas possuem métodos construtivos similares à uma edificação, possuindo fundação vertical, blocos, pilares, etc. Porém outras possuem características específicas, como é o caso de torres metálicas, muito comum para suportar cabos em transmissão de energia elétrica ou dispositivos de telecomunicações.



Fonte: http://www.elektroinstalacje.info/photogallery.php?photo_id=122



Fonte: <http://www.jbt-telecom.com.br/>

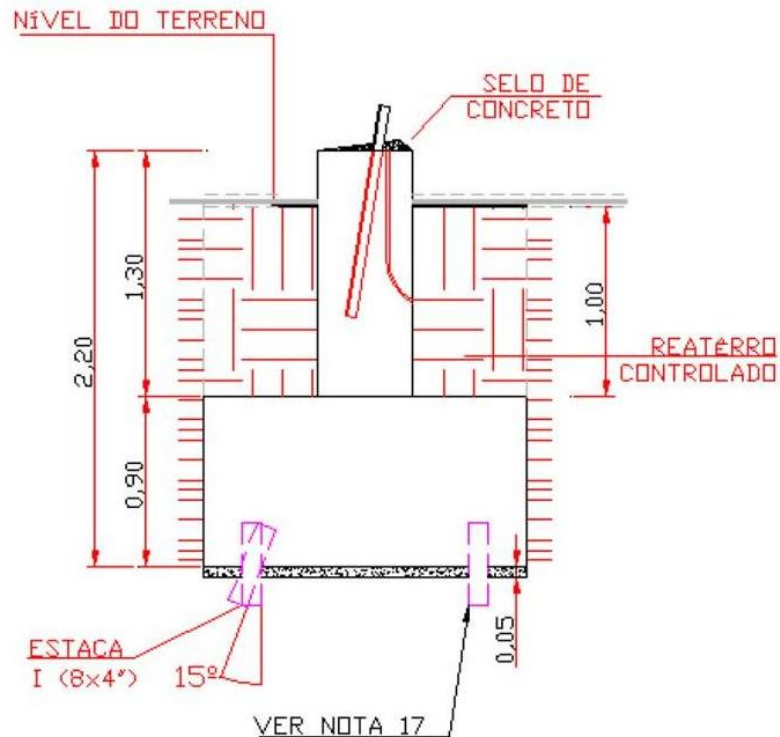


Fonte: http://www.metalica.com.br/pg_dinamica/bin/pg_dinamica.php?id_pag=1273

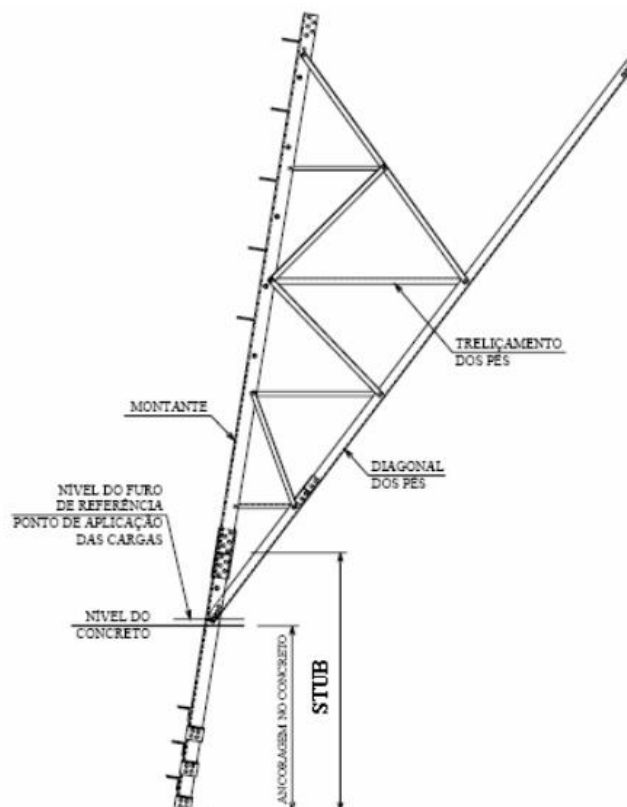


Fonte: <https://pt.linkedin.com/pulse/seguran%C3%A7a-do-trabalho-na-constru%C3%A7%C3%A3o-de-linhas-manual-magri-castro>

A carga que uma torre metálica deve suportar, assim como o seu próprio peso, pode ser transmitido às fundações através de um elemento metálico de ligação denominado “stub”. O Stub é fixado na fundação conforme projeto para dar início à montagem da estrutura metálica. No projeto estarão especificados a dimensão, ângulo e inclinação e profundidade de fixação do Stub.



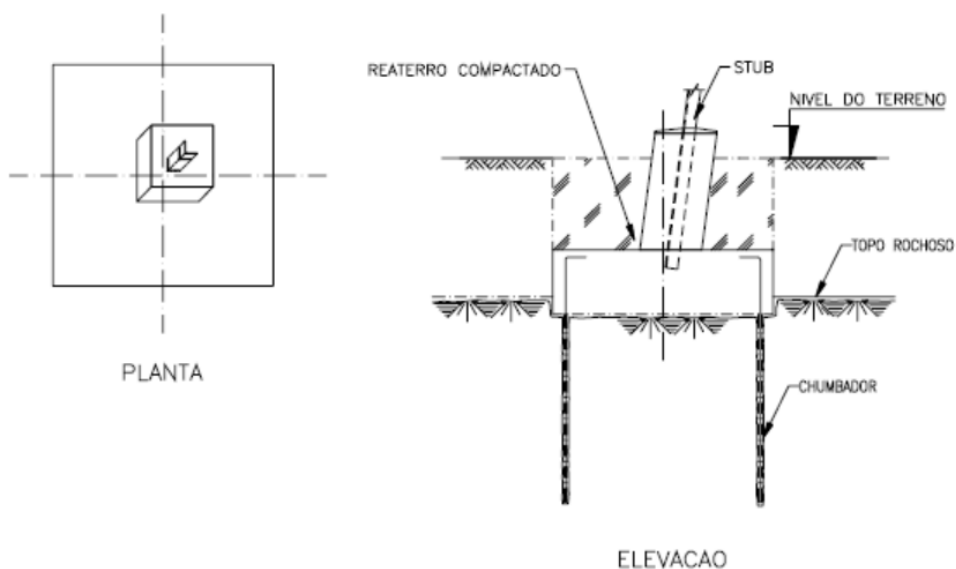
Fonte: http://www.metalica.com.br/pg_dinamica/bin/pg_dinamica.php?id_pag=1273



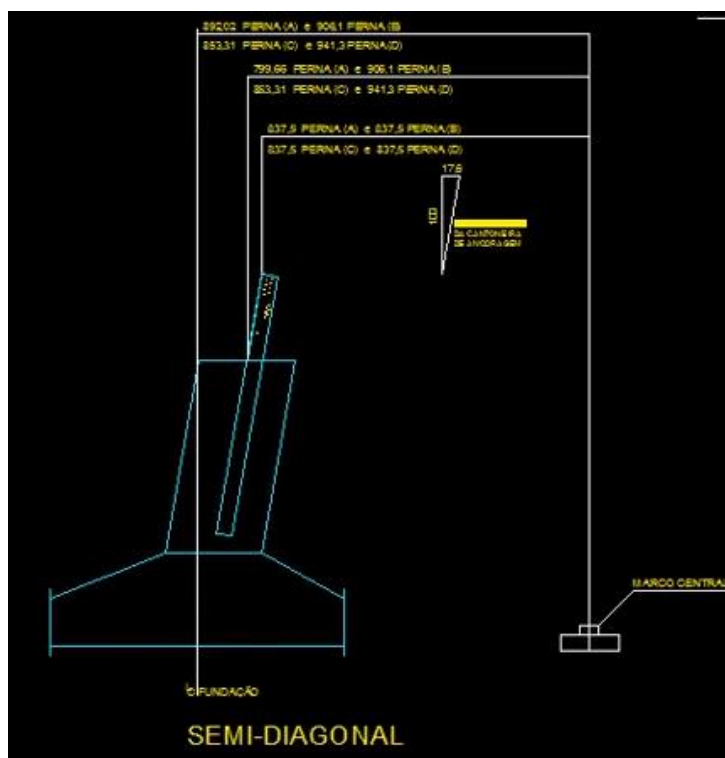
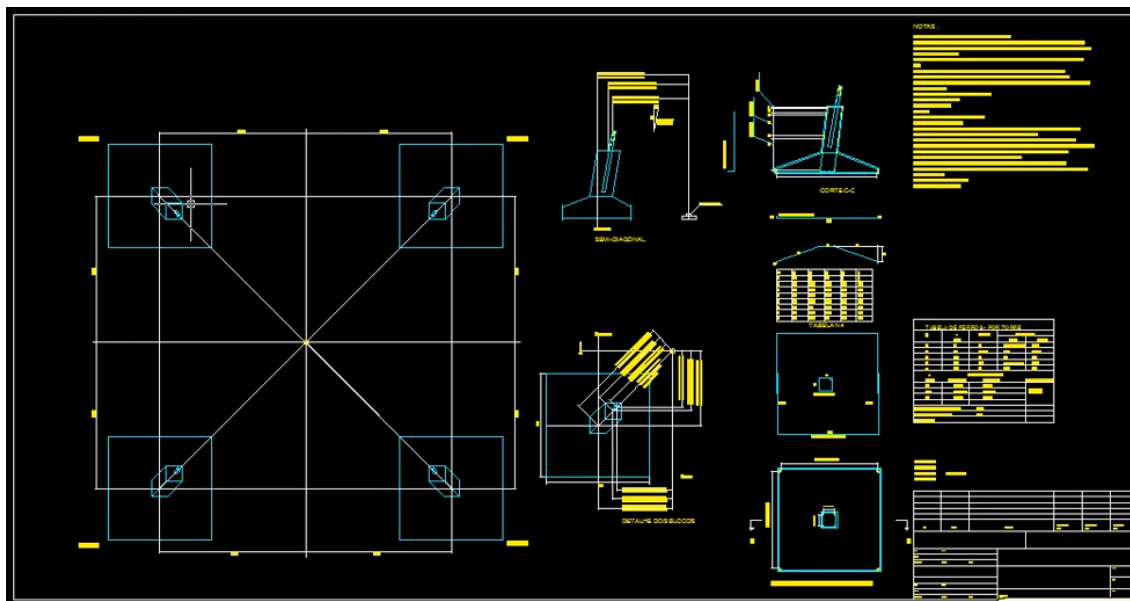
Fonte: https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/16178/16178_6.PDF



Fonte: <http://colunaengenharia.com.br/resources/LINHAS%20DE%20TRANSMISS%C3%83O%20-%20FUNDA%C3%87%C3%95ES.pdf>



Fonte: CHAVES, R. A. Fundações de Linhas de Transmissão e de Telecomunicação. 2004. Dissertação. (Mestrado em Estruturas) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004



2. MONITORAMENTO

Monitorar é medir várias vezes com o espaçamento de um determinado tempo.

Toda medição é comparada à medição inicial ("as built") apurando o quanto a estrutura deformou.

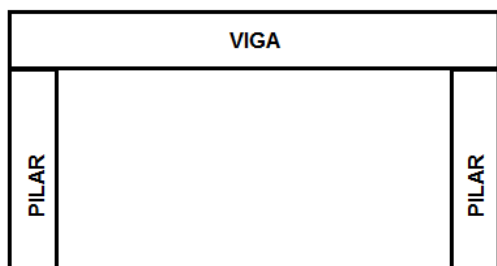
As deformações são esperadas nas estruturas e o engenheiro calculista deve saber os limites aceitáveis em função da finalidade da estrutura.

Conhecer a deformação de uma estrutura subsidia tomada de decisão de reparo, reforço ou se está dentro do esperado.

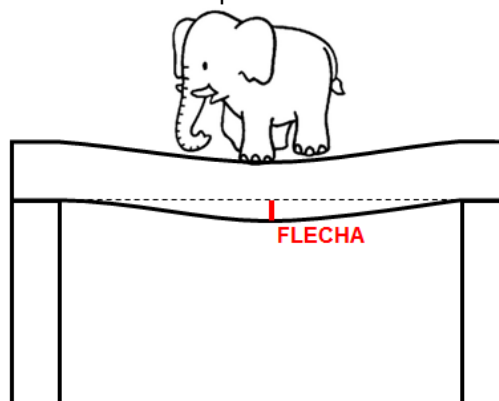
2.1. VERTICALIDADE

2.1.1. Flechas

É o maior deslocamento na vertical de uma seção da estrutura construída suportando uma determinada carga.



Situação Inicial sem carga



Situação de operação com carga

A variação normal de uma flecha é na ordem de $1/300$ do vão, ou seja, 1cm de flecha para cada 300cm de vão.

A flecha pode ser medida com estação total ou laser scanner. Se o equipamento disponível para a medição for a estação total, é necessário medir em vários pontos da viga ou laje para identificar onde ocorre a maior deformação. Com o laser scanner a quantidade de pontos é abundante e podemos analisar muito mais do que a flecha. Os pontos de referência são os apoios da viga ou da laje sobre os pilares.

Com várias medições ao longo do tempo, podemos observar o comportamento da flecha, o que caracteriza o monitoramento.

2.1.2. Recalque

Recalque é a movimentação descendente na vertical de um elemento estrutural. Ocorre normalmente devido ao adensamento do solo. Recalque diferencial é quando ocorrem recalques diferentes entre dois elementos de uma estrutura. A ocorrência de recalque diferencial é o que mais afeta uma estrutura.

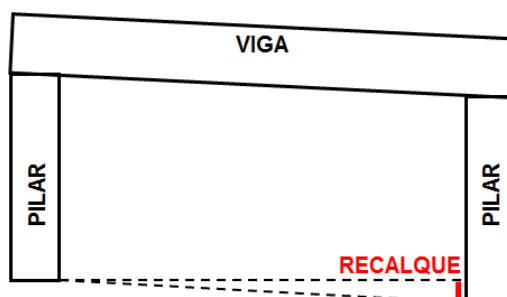
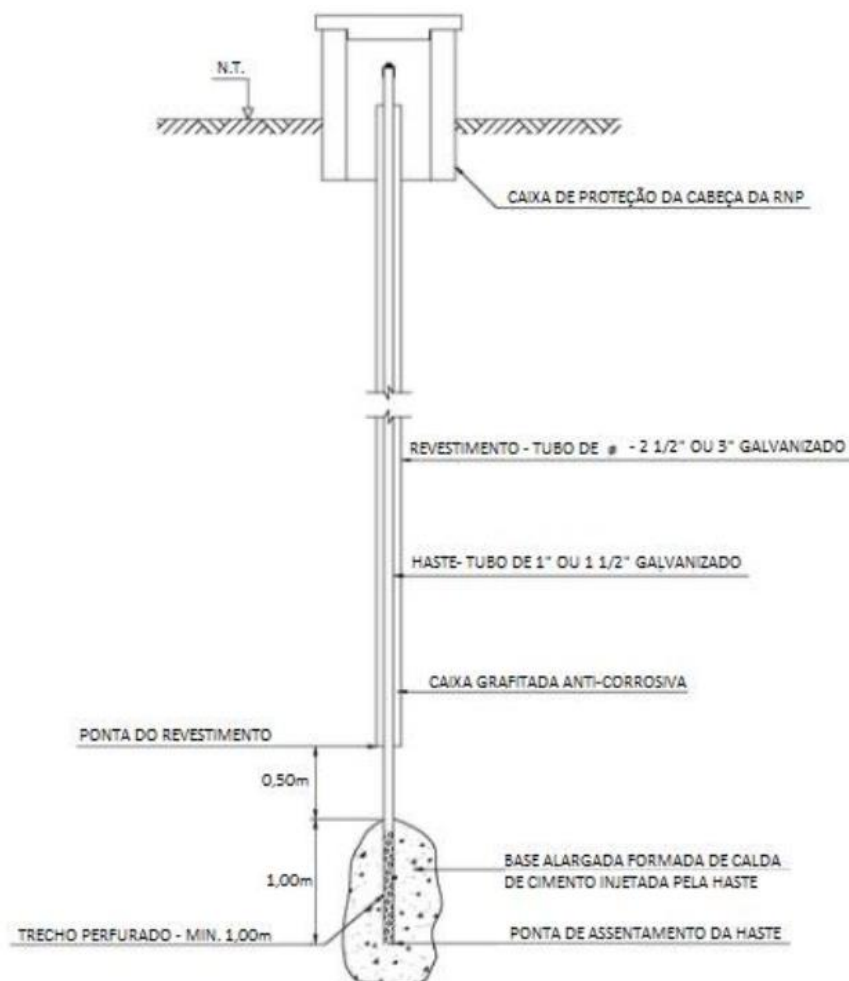
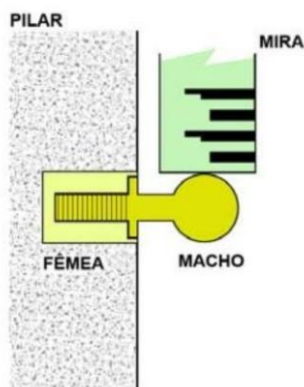


Ilustração de um recalque diferencial

O recalque deve sempre ser medido a partir de um *benchmark*. *Benchmark* é o termo dado à RN definida como indelocável para a análise da estrutura. Em alguns casos deve ser instalado um *benchmark* até solo muito firme ou mesmo em rocha.


 Detalhe de instalação de um *benchmark*

Se o objetivo é análise de recalque diferencial da estrutura, pode-se instalar um pino num elemento estrutural que servirá de referência para análise diferencial. Este *benchmark* será considerado indeslocável.



Detalhe de instalação de pino para medição num pilar

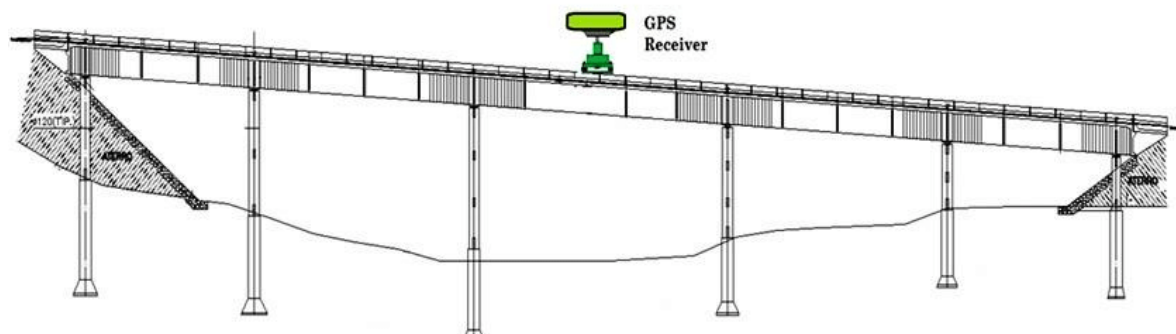
O recalque pode ser medido em vários momentos, o que caracterizará o monitoramento e permitirá conhecer se o solo continua ou não adensando.

Pode ser medido com nível, estação total, GNSS e laser scanner. A precisão necessária definida por quem irá analisar o recalque é o elemento importante para definir qual equipamento utilizar.

2.1.3. Oscilação

A oscilação de uma estrutura é o movimento livre de uma estrutura em função de cargas dinâmicas variáveis como veículos trafegando ou vento numa ponte.

A mensuração da oscilação das estruturas sempre foi um grande problema e ao mesmo tempo uma informação importantíssima para os engenheiros para definir o real estado de operação das estruturas. O problema consistia em como medir a oscilação de uma ponte por exemplo durante a passagem de um caminhão. Um caminhão a 80km/h se desloca 17m a cada segundo, o que tornava impossível efetuar a medição da oscilação com estação total ou nível. Este problema foi resolvido com o posicionamento GNSS, pois temos receptores no mercado que medem até 100Hz (100 medições por segundo).



Esquema de posicionamento do Receptor GNSS no vão central da ponte

Fonte: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-21702015000200290



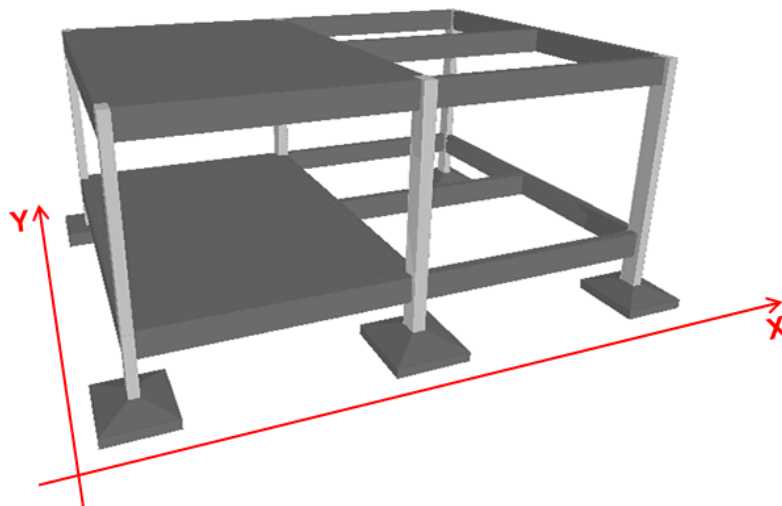
Receptor executando as medições

Fonte: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-21702015000200290

Com o processamento cinemático, para cada época medida teremos uma coordenada que poderemos analisar a altitude associada ao tempo e então identificar as oscilações ocorridas num tempo de poucos segundos.

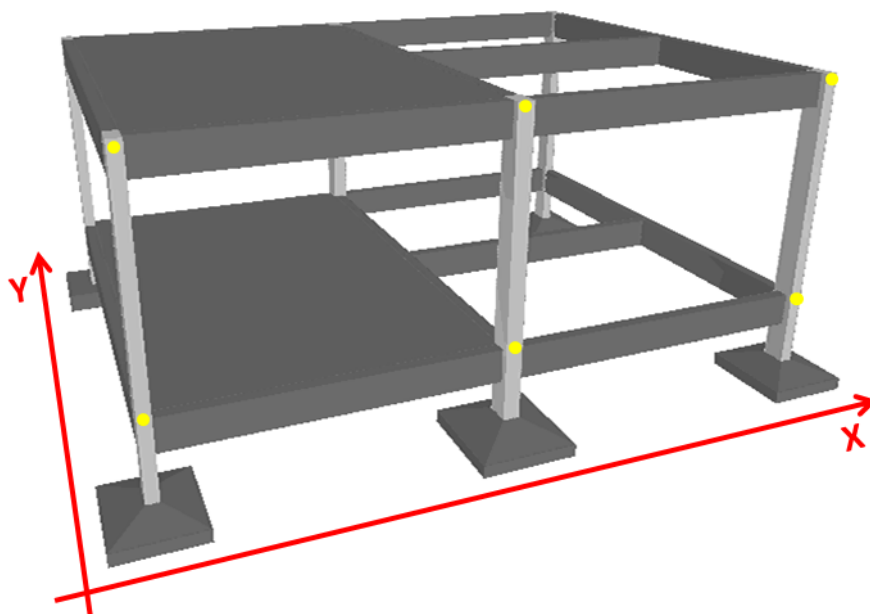
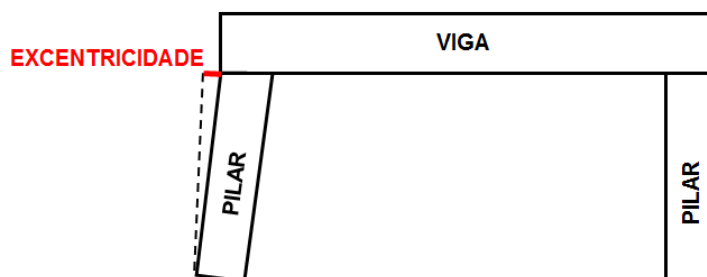
2.2. HORIZONTALIDADE

Para monitoramento de horizontalidade é conveniente que seja adotado um sistema de coordenadas alinhado com a estrutura facilitando a análise nas direções X e Y.

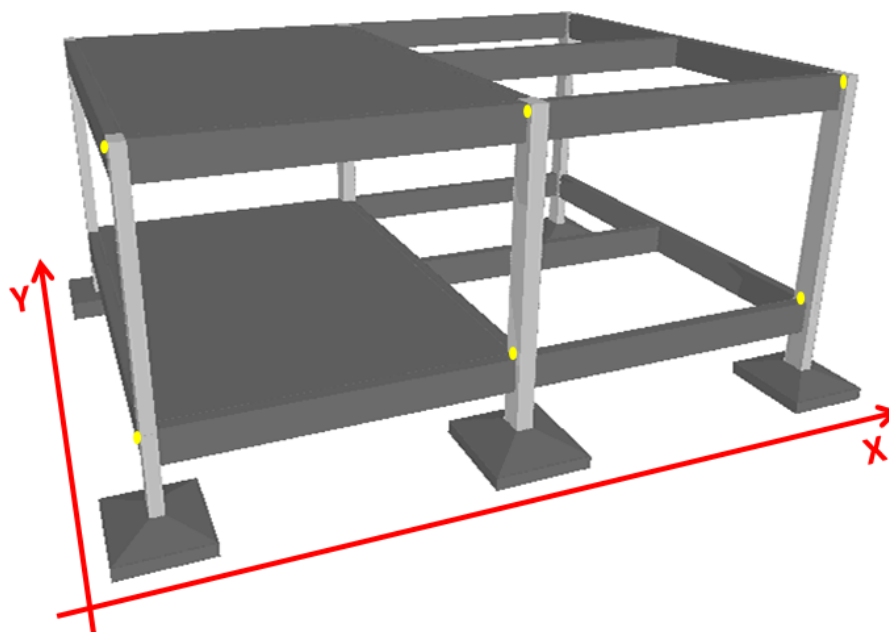


2.2.1. Prumo

Numa estrutura, os pilares são elementos normalmente projetados para atuarem na vertical. O deslocamento do topo do pilar em relação à sua base, chama-se excentricidade. Com um sistema de coordenadas alinhado à estrutura, é possível identificar a excentricidade nas direções X e Y.



Pontos medidos para identificar excentricidade na direção Y



Pontos medidos para identificar excentricidade na direção X

Como o objetivo é a excentricidade, a comparação é somente do ponto base com o topo do pilar.

Deve-se ficar atento às mudanças de seção dos pilares e medir na face que mantém a vertical.

As excentricidades que identificarão o prumo dos pilares, podem ser medidas em vários momentos, o que caracterizará o monitoramento e permitirá identificar se a estrutura está estável ou ainda em movimento.

Pode ser medida com estação total, ou laser scanner.



2.2.2. Deslocamentos

Quando o objetivo é de análise da movimentação geral da estrutura, é necessário analisar dos diversos pontos da estrutura os deslocamentos. Desta forma, estaremos sempre analisando a movimentação de cada ponto individualmente nas direções X e Y.

2.3. Gradiente

Muitas vezes uma tubulação numa indústria ou mesmo o terreno na agricultura, o gradiente inclinação definido pelo percentual é um item relevante para seu funcionamento. Daí surge a importância de seu monitoramento.

O monitoramento do gradiente é a medição da inclinação entre 2 pontos em vários momentos.

O Gradiente pode ser medido com nível, estação total, GNSS ou laser scanner.