



# **NOÇÕES DE TOPOGRAFIA SUBTERRÂNEA**

*Notas de Aula*

*Prof. Dr. Luis Augusto Koenig Veiga*

*2007r*

---

**SUMÁRIO**

1. INTRODUÇÃO.....	3
2 - LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO NA SUPERFÍCIE E NO SUBSOLO E LOCAÇÃO .....	6
3 - MATERIALIZAÇÃO DOS PONTOS.....	7
4- PROJEÇÕES DE DESENHO.....	11
5 - LEVANTAMENTO DE GALERIAS.....	12
5.1 - LEVANTAMENTO DE GALERIAS UTILIZANDO BÚSSOLA .....	12
5.2 - LEVANTAMENTO DE DETALHES UTILIZANDO A TRENA COMO LINHA DE REFERÊNCIA..	15
6 - FÓRMULAS EMPREGADAS PARA A DETERMINAÇÃO DO DESNÍVEL.....	24
7 - NIVELAMENTO GEOMÉTRICO.....	25
EXERCÍCIOS .....	27
8 - LIGAÇÃO COM O EXTERIOR: TRANSPORTE DE AZIMUTES E COTAS PARA O SUBSOLO .....	35
8.1 - TRANSPORTE DE AZIMUTE.....	35
8.1.1 – Bússola. ....	35
8.1.2 - Giroteodolito. ....	35
8.1.3 - Utilizando Teodolito .....	37
a) Através da utilização de galerias .....	37
b) Baixada de dois prumos por um poço .....	37
c) Mediante dois poços com baixada de um prumo.....	40
d) Baixada de fios de prumo alinhados.....	42
8.2 - TRANSPORTE DE COTA/ALTITUDE .....	43
8.2.1 - Transmissor de cotas .....	43
8.2.2 - Técnicas convencionais.....	43
9 - BIBLIOGRAFIA .....	49

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Sistema de iluminação adaptado a um capacete. ....	3
Figura 1.2 – Exemplo de condições adversas para o levantamento. ....	4
Figura 1.3 – Conjunto de espelhos de um equipamento óptico-mecânico (modelo Wild T2). ....	4
Figura 1.4 - Alvos e sistema de iluminação. ....	5
Figura 1.5 - Sistema de iluminação. ....	5
Figura 2.1 - Levantamento topográfico na superfície e no subsolo. ....	6
Figura 2.2 – Exemplo de erro de locação de galerias. Adaptado de LOCH; CORDINI (1995). ....	7
Figura 2.3 – Erro na orientação de escavações. ....	7
Figura 3.1 – Materialização de pontos entre dormentes de trilhos. ....	7
Figura 3.2 – Ponto em estrutura na lateral de uma galeria. ....	8
Figura 3.3 – Ponto colocado no teto. ....	8
Figura 3.4 – Gancho fixado no teto para materialização do ponto topográfico. ....	9
Figura 3.5 - Centragem do teodolito com fio de prumo no teto. ....	9
Figura 3.6 – Exemplo de pontaria em fio de prumo. ....	10
Figura 3.7 – Ponto no teto - altura do instrumento. ....	10
Figura 4.1 – Projeções utilizadas nos croquis. ....	11
Figura 4.2 – Nomenclatura dos pontos. ....	11
Figura 5.1 - Esquema da bússola empregada no levantamento. ....	12
Figura 5.2 - Disposição dos pontos nas laterais da galeria. ....	13
Figura 5.3 - Determinação do azimute da linha. ....	13
Figura 5.4 - Determinação do azimute e contra-azimute da linha AB. ....	13
Figura 5.5 - Nível suspenso. ....	14
Figura 5.6 - Determinação da inclinação $\alpha$ . ....	14
Figura 5.7 - Trena utilizada como linha de referência. ....	15
Figura 5.8 - Seção que passa pelo ponto P. ....	16
Figura 5.9 - Azimute da direção AB e AP. ....	17
Figura 5.10 - Distâncias ao teto e ao piso. ....	17
Figura 5.11 - Trens metálicas. ....	18
Figura 5.12 - Distância à esquerda e direita. ....	18
Figura 5.13 - Distâncias a teto, piso, esquerda e direita. ....	18
Figura 5.14 - Medidas de teto, piso, esquerda e direita em campo. ....	19
Figura 5.15 - Exemplo de caderneta de campo para levantamento das seções. ....	20
Figura 5.16 – Seções transversais a serem levantadas. ....	20
Figura 5.17 - Medição de um dos lados da poligonal, onde os dois pontos estão no teto. ....	21
Figura 5.18 - Representação em planta do levantamento. ....	22
Figura 5.19 - Representação tridimensional. ....	23
Figura 6.1 – Projeção Vertical – chão a teto. ....	24
Figura 6.2 – Projeção vertical - teto a teto. ....	25
Figura 6.3 – Projeção Vertical – teto a chão. ....	25
Figura 7.1 – Nivelamento geométrico entre um ponto no chão e outro no teto. ....	26
Figura 7.2 – Nivelamento geométrico entre dois pontos no teto. ....	26
Figura E.1 - Representação em planta. ....	28
Figura E.2 - Representação em perfil. ....	29
Figura 8.1 – Giroteodolito WILD GAK1. ....	35
Figura 8.2 – Giroscópio. ....	36
Figura 8.3 – Transporte de azimute por galeria. Fonte: AGUIREZ (2000). ....	37
Figura 8.4 – Transporte de azimute mediante a baixada de dois prumos. Fonte: AGUIREZ (2000). ....	38
Figura 8.5 – Prumo dentro de um barril com óleo para estabilizar o movimento do mesmo. ....	38
Figura 8.6 - Cálculo do transporte de azimute mediante baixada de dois prumos. ....	39
Figura 8.7 - Mediante dois poços com baixada de um prumo. Fonte: AGUIREZ (2000). ....	40
Figura 8.8 - Comparação entre os azimutes determinados na superfície e dentro da galeria. ....	41
Figura 8.9 - Baixada de fios de prumo alinhados. ....	42
Figura 8.10 - Alinhamento de uma baliza com os dois fios de prumo. ....	42
Figura 8.11 - Alinhamento "fino" com o teodolito. ....	43
Figura 8.12 - Transmissor de cotas. ....	43
Figura 8.13 - Transporte de altitude por nivelamento geométrico. ....	44

## 1. INTRODUÇÃO

Os métodos empregados nas determinações topográficas no subsolo pouco diferem dos métodos tradicionais, porém com as implicações de um trabalho realizado dentro de uma mina ou galeria. Da mesma forma que nos levantamentos topográficos convencionais, os levantamentos topográficos subterrâneos podem ser divididos em planimétricos, altimétricos e, quando associados, planialtimétricos.

Os cálculos dos levantamentos são semelhantes aos executados “em céu aberto”, porém com algumas adaptações, destacando-se o fato que em algumas vezes os pontos topográficos podem estar localizados no teto de uma galeria, por exemplo, ao contrário dos levantamentos tradicionais onde os pontos estão sempre no solo.

Diversos são os exemplos de aplicação da topografia subterrânea, entre eles destacam-se:

- Locação de poços, túneis ou galerias;
- Metrô, redes viárias;
- Controle de extração (questões de exploração fora dos limites de concessão);
- Galerias de serviços;
- Etc.

Antes de prosseguir é necessário esclarecer que as minas podem ser tanto a céu aberto, onde são utilizados os procedimentos topográficos tradicionais, ou subterrâneas, cujo levantamento topográfico será abordado neste trabalho.

Uma primeira particularidade com relação a trabalhos realizados no subsolo é a questão de segurança ou condições de trabalho. Alguns trabalhos podem necessitar a utilização de equipamentos de proteção individual específicos, como máscaras, roupas especiais, capacetes com sistema de iluminação (figura 1.1), entre outros.



Figura 1.1 - Sistema de iluminação adaptado a um capacete.

As condições de trabalho também podem ser inóspitas, com a presença de água (figura 1.2) ou poeira, ou mesmo túneis com uma altura tal que não seja possível trabalhar em pé. O trabalho pode também ser realizado em lugares com movimentação de máquinas, vagonetes e outros equipamentos que podem atrapalhar o andamento normal de um levantamento.

Em alguns casos pode não ser permitido o uso de equipamentos eletrônicos por questões de segurança (riscos de explosão, por exemplo). De fato, em determinados trabalhos há a necessidade de cuidados adicionais para não colocar vidas em risco.



Fonte: SHACKLEFORD (2000)

Figura 1.2 – Exemplo de condições adversas para o levantamento.

Outra questão importante é a iluminação. Caso seja necessário deve-se dispor de fontes de luz para a realização das medições. Em determinados modelos de equipamentos óptico-mecânicos ou automáticos os conjuntos de espelhos utilizados na iluminação do limbo podem ser substituídos por um sistema de iluminação acessório do teodolito ou, na ausência deste, pode-se empregar lanternas (figura 1.3). Alguns equipamentos digitais dispõem de sistemas de iluminação interna dos retículos e do *display*.



Figura 1.3 – Conjunto de espelhos de um equipamento óptico-mecânico (modelo Wild T2).

Os alvos utilizados para as medições também podem ter um sistema que permita acoplar uma fonte luminosa (figura 1.4).

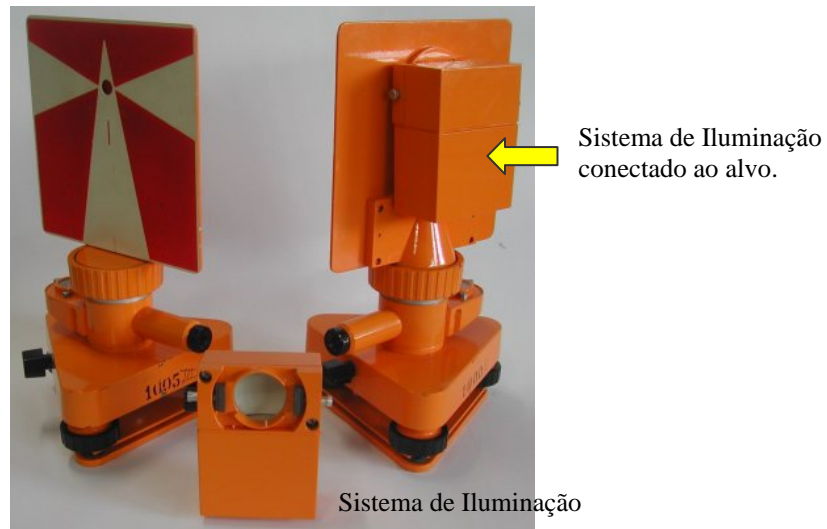


Figura 1.4 - Alvos e sistema de iluminação.

A figura a seguir ilustra a adaptação de um sistema de iluminação empregando baterias e lâmpadas para iluminar tanto os alvos como o local onde está instalado o equipamento.



Figura 1.5 - Sistema de iluminação.

A perda de orientação também é outro problema. Ao contrário do levantamento realizado a céu aberto, onde é possível ter uma referência visual para a orientação, como uma árvore, morro ou mesmo o sol, dentro de uma mina isto não ocorre.

Além disto, dependendo do local, a depreciação do equipamento é maior se comparada com o uso tradicional dos mesmos.

## 2 - LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO NA SUPERFÍCIE, SUBSOLO E LOCAÇÃO

Na maioria das vezes o levantamento executado no subsolo deve estar vinculado a um sistema de referência na superfície, de forma a criar uma ligação entre as estações topográficas na superfície e no subsolo. Um exemplo é apresentado na figura 2.1. Sobre a superfície é delimitada a área de extração, representada na figura pela poligonal definida pelos pontos P1 a P5. Durante a locação das galerias é necessário determinar até onde podem ser executadas as escavações, desta forma o levantamento que está sendo realizado no subsolo tem que estar vinculado à poligonal na superfície, uma vez que os limites foram definidos a partir destes pontos. Desta forma, assumindo que a poligonal define os limites da área a ser explorada, o ponto PM 1 deve estar localizado no interior do polígono definido pelos pontos P1 a P5. Posteriormente serão apresentadas algumas formas de fazer esta ligação superfície-subsolo, como por exemplo, através de galerias de encosta, planos inclinados ou poços.

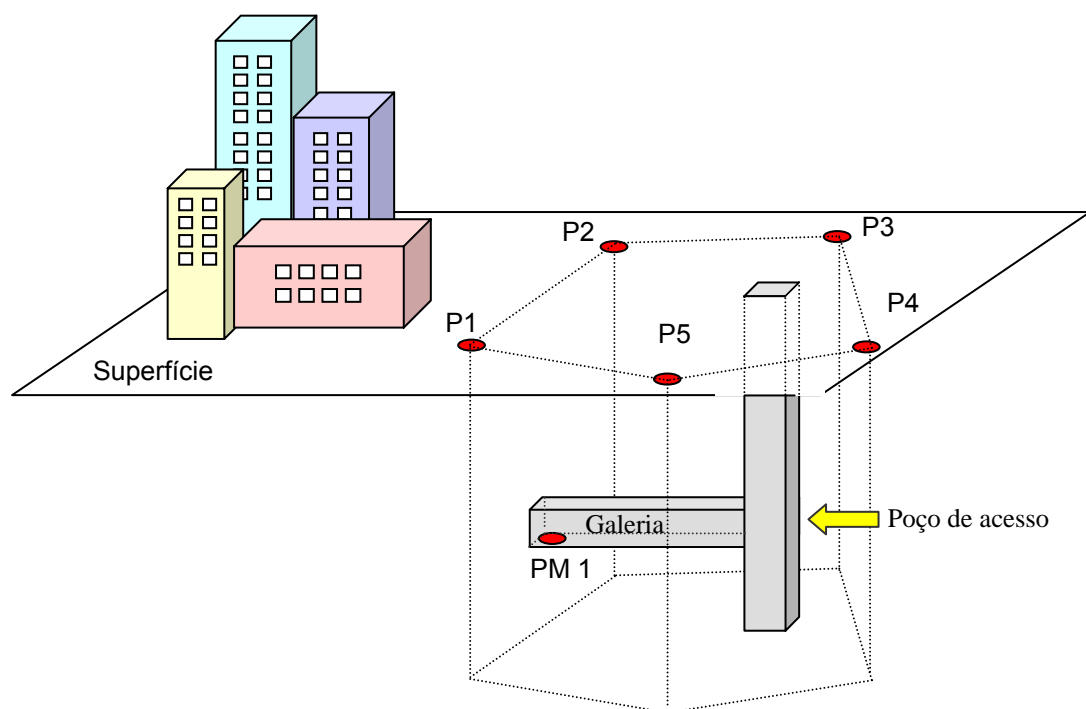


Figura 2.1 - Levantamento topográfico na superfície e no subsolo.

Na execução de poligonais no subsolo, a preferência é por poligonais fechadas, que permitem a verificação dos erros linear e angular cometidos, porém quando isto não for possível e houver a necessidade de estabelecer uma poligonal aberta, os cuidados devem ser redobrados, com a execução de mais de uma série de leituras das direções horizontais e ângulos verticais, para a verificação dos resultados.

Além do levantamento topográfico no subsolo, a questão da locação reveste-se de grande importância. Dois exemplos serão apresentados para ilustrar esta questão. No primeiro exemplo (figura 2.2), existe a necessidade de que sejam locadas as galerias a uma determinada distância entre cada uma, para que o material entre as mesmas sirva como um "pilar" de sustentação. Se a locação destas galerias for executada erroneamente, corre-se o risco de ocorrer desabamentos.

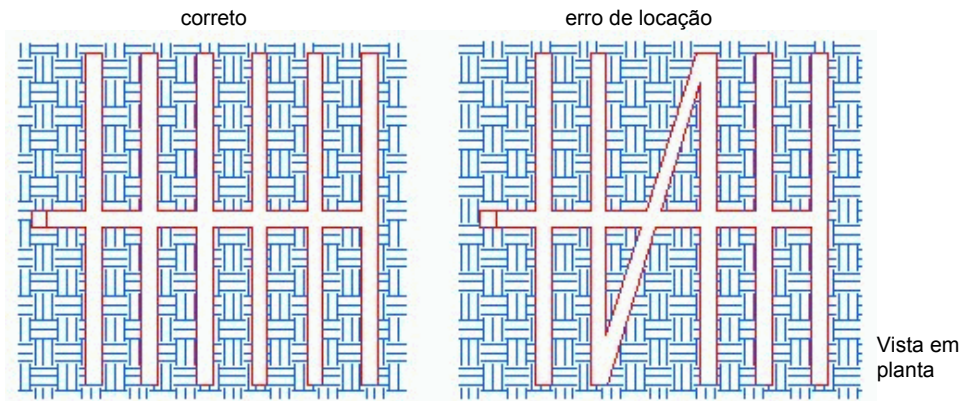


Figura 2.2 – Exemplo de erro de locação de galerias. Adaptado de LOCH; CORDINI (1995).

Outro exemplo clássico é a escavação realizada através de duas frentes de trabalho. Se houver algum erro na locação, as duas frentes de escavação podem não se encontrar conforme planejado. A figura 2.3 ilustra esta questão.

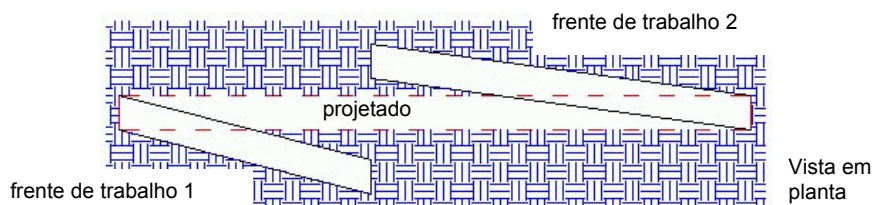


Figura 2.3 – Erro na orientação de escavações.

### 3 - MATERIALIZAÇÃO DOS PONTOS

Como nos casos tradicionais, os pontos podem estar materializados no piso, através de piquetes (madeira ou ferro) ou marcos de concreto. O problema é que em alguns tipos de minas há uma grande movimentação de vagões ou veículos de carga, o que pode inviabilizar este tipo de marco, uma vez que para se executar o levantamento seria necessário interromper o trânsito destes equipamentos, o que nem sempre é possível. A figura 3.1 ilustra a materialização de um ponto no piso entre dormentes de trilhos.

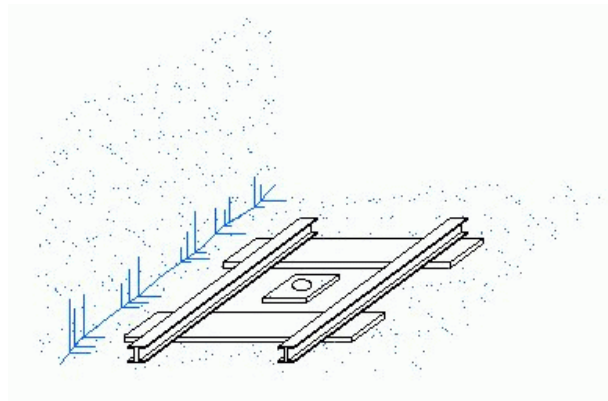


Figura 3.1 – Materialização de pontos entre dormentes de trilhos.



Nos casos onde não é possível colocar pontos no chão da galeria pode-se optar por estruturas especiais colocadas nas paredes laterais, conforme mostra a figura 3.2 ou também por pontos colocados no teto (figura 3.3).



Figura 3.2 – Ponto em estrutura na lateral de uma galeria.

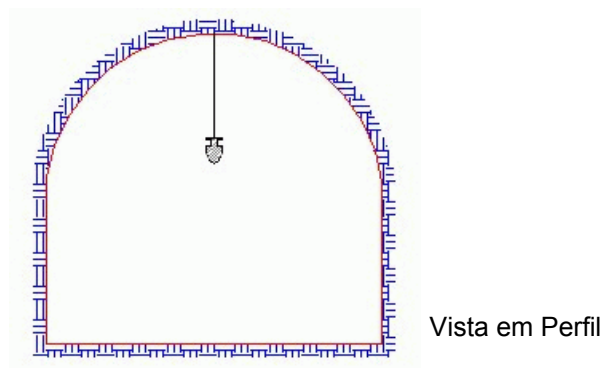


Figura 3.3 – Ponto colocado no teto.

Estes podem ser materializados por meio de ganchos fixados no teto, como ilustra a figura 3.4.

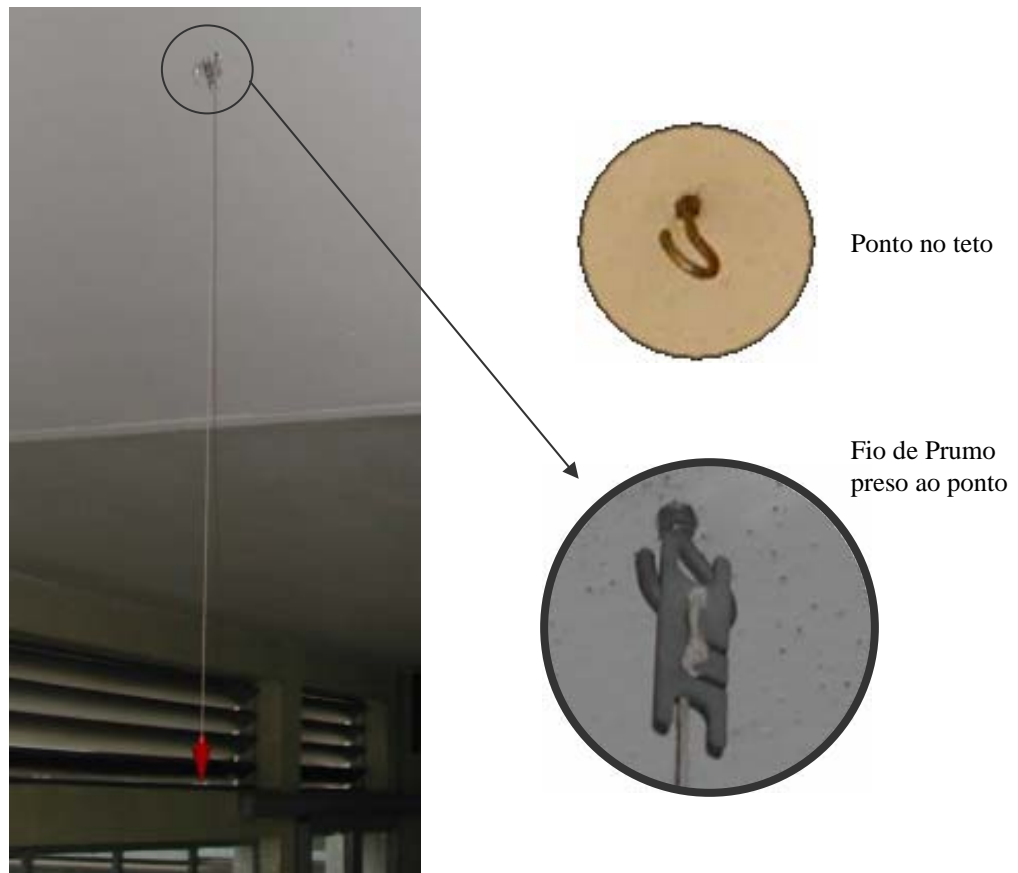


Figura 3.4 – Gancho fixado no teto para materialização do ponto topográfico.

Na instalação de equipamentos utilizando este tipo de referência, coloca-se o fio de prumo e centra-se o equipamento pela sua parte superior, onde encontra-se uma marca que materializa o eixo principal do instrumento (figura 3.5).



Figura 3.5 - Centragem do teodolito com fio de prumo no teto.

Durante o levantamento de campo quando não é possível realizar a pontaria diretamente no ponto, pode-se utilizar um artifício para facilitar a colimação (pontaria). Amarra-se um pequeno fio ou arame no fio de prumo, o qual é denominado de “bigode” e faz-se a pontaria neste aparato (figura 3.6).

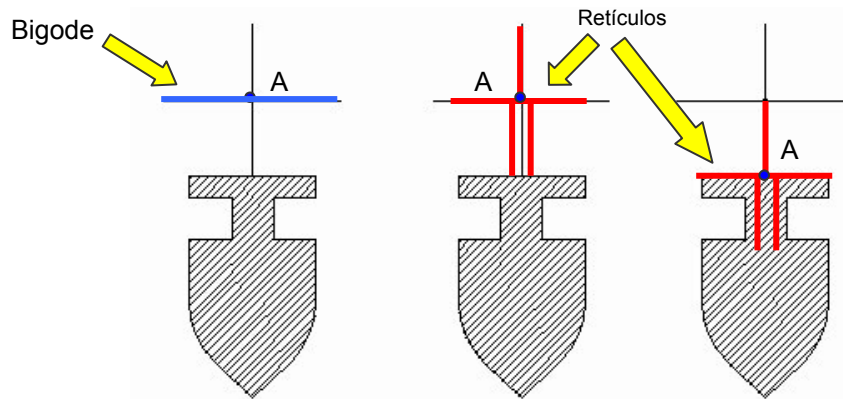


Figura 3.6 – Exemplo de pontaria em fio de prumo.

Fazer a pontaria no fio de prumo pode ser complicado, até mesmo inviável em muitos casos, devido a diversos motivos como correntes de ar, por exemplo, onde o prumo não permanece imóvel. Sempre que possível deve-se procurar realizar a pontaria diretamente sobre o ponto.

A medida da altura do instrumento quando os pontos estão no teto é simples. Relembrando que a altura do instrumento ( $h_i$ ) é a distância, contada ao longo da vertical, do ponto considerado à interseção do eixo secundário com o eixo principal (normalmente há uma indicação na lateral do equipamento). Para os pontos no teto vale o mesmo princípio, somente que agora a distância é medida a partir de um ponto no teto. A figura a seguir ilustra esta questão.

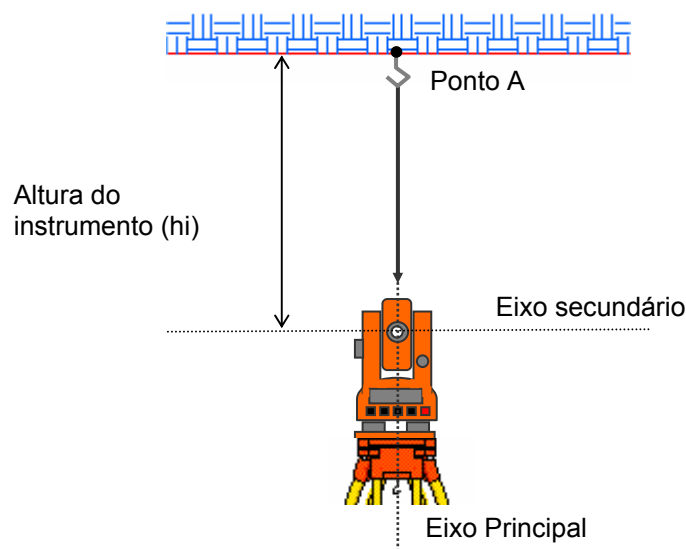


Figura 3.7 – Ponto no teto - altura do instrumento.

### 4- PROJEÇÕES DE DESENHO

Nos exercícios que serão vistos, os croquis serão desenhados em duas projeções: projeção horizontal (PH, vista em planta) e projeção vertical (PV, vista em perfil), conforme exemplo da figura 4.1.

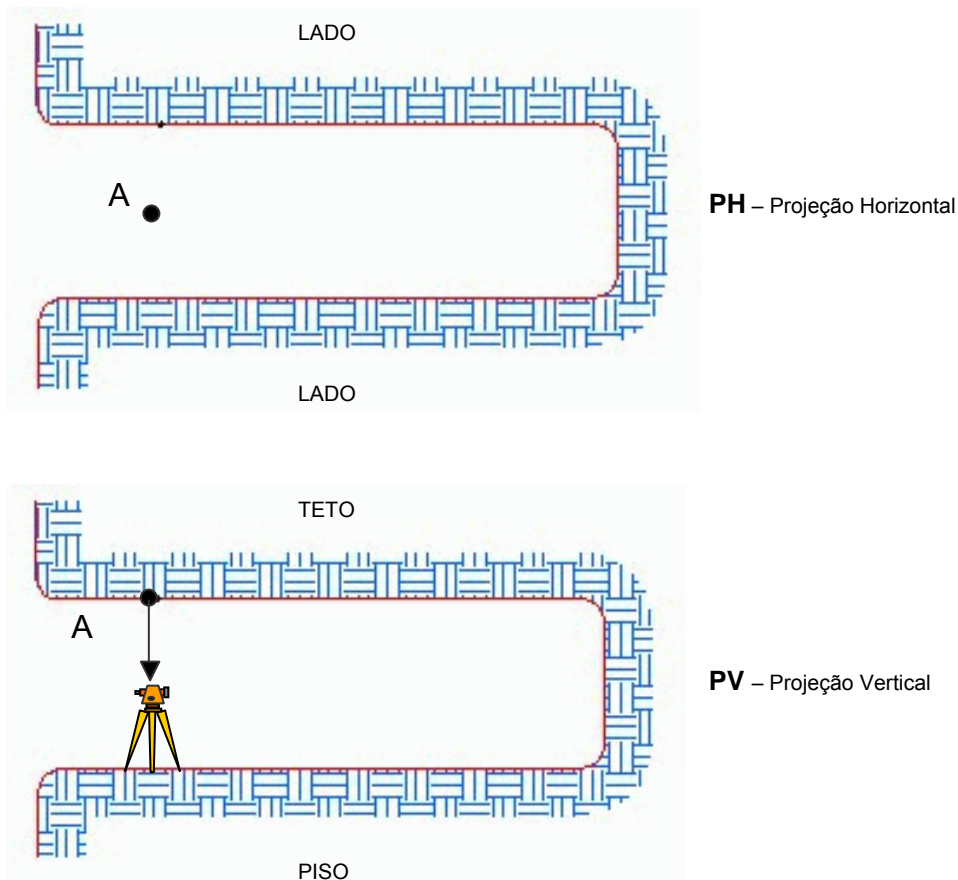


Figura 4.1 – Projeções utilizadas nos croquis.

Outra convenção que será utilizada nos exercícios refere-se aos números dos pontos. Normalmente quando um ponto for indicado, por exemplo, 2-3, significa que este é o terceiro ponto da segunda galeria. A figura 4.2 ilustra este raciocínio.

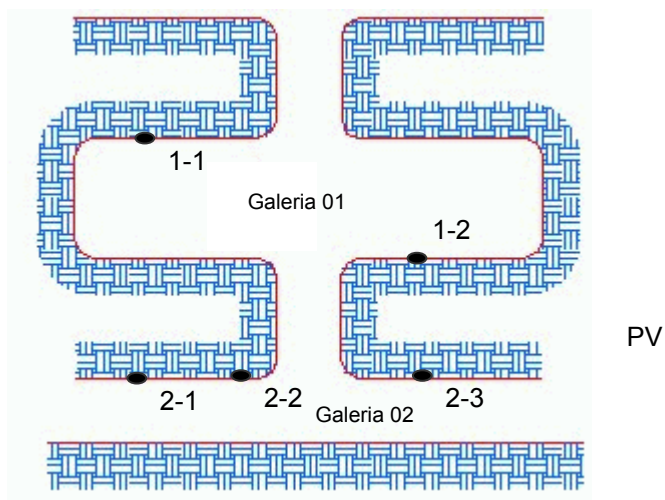


Figura 4.2 – Nomenclatura dos pontos.

A codificação dos pontos localizados na primeira galeria inicia-se com o número 1, para a segunda com o número 2 e assim por diante. Cabe salientar que isto não é uma regra e visa facilitar a resolução dos exercícios que serão propostos.

## 5 - LEVANTAMENTO DE GALERIAS

As técnicas convencionais de levantamentos topográficos, como poligonização, interseção a vante, irradiação entre outras, podem ser aplicadas para o levantamento das galerias. Quando forem utilizadas poligonais, dar preferência à utilização de poligonais fechadas, porém como isto nem sempre é possível, na utilização de poligonais abertas os cuidados devem ser redobrados. Atualmente tem-se destacado o uso de estações totais com medida laser para execução de levantamentos de detalhes, visto a facilidade de operação, uma vez que não necessita de prisma refletor para a execução das medidas.

A seguir são apresentadas outras técnicas que podem ser empregadas para o levantamento das galerias.

### 5.1 - LEVANTAMENTO DE GALERIAS UTILIZANDO BÚSSOLA

Neste tipo de levantamento era empregada uma bússola (bússola de mineiro) para a determinação das direções dos alinhamentos a serem levantados. Esta consiste em um suporte que pode ser preso (pendurado) a uma linha e que permite o giro do prato da bússola de forma a deixá-lo na horizontal. Um exemplo esquemático deste equipamento é apresentado na figura 5.1.



Figura 5.1 - Esquema da bússola empregada no levantamento.

No levantamento utilizando a bússola, os pontos podem coincidir com o eixo da galeria com a bússola ou podem estar posicionados nas laterais da mesma, sendo definidas linhas para o levantamento de acordo com a figura 5.2.

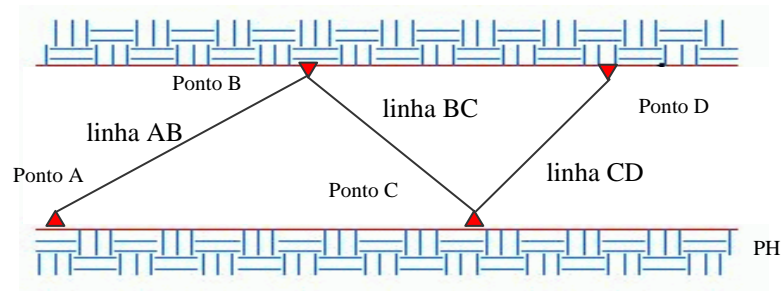


Figura 5.2 - Disposição dos pontos nas laterais da galeria.

Os azimutes das linhas são determinados conforme a figura 5.3.

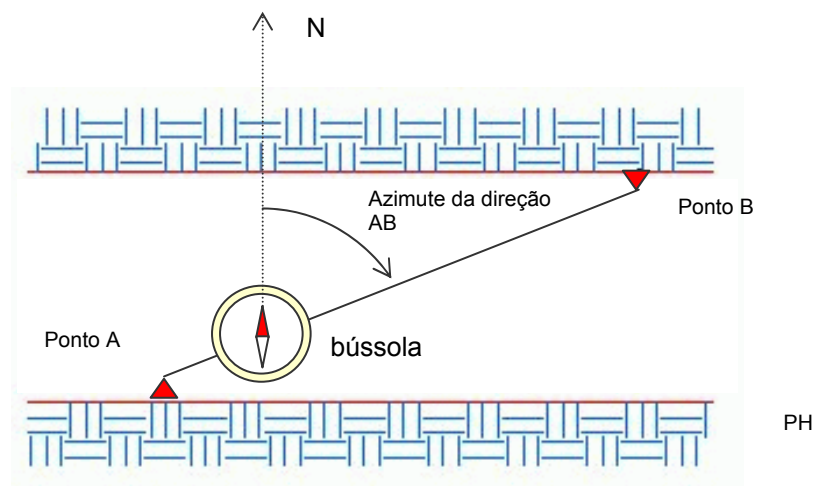


Figura 5.3 - Determinação do azimute da linha.

O grande problema deste método é a precisão. Inicialmente pela própria precisão da bússola bem como o fato desta sofrer perturbações que podem ser provocadas por maciços rochosos. Para tentar minimizar os problemas costuma-se realizar leituras de ré e vante, conforme ilustra a figura 5.4, podendo-se assim, verificar a diferença entre um azimute e o contra-azimute de uma direção.

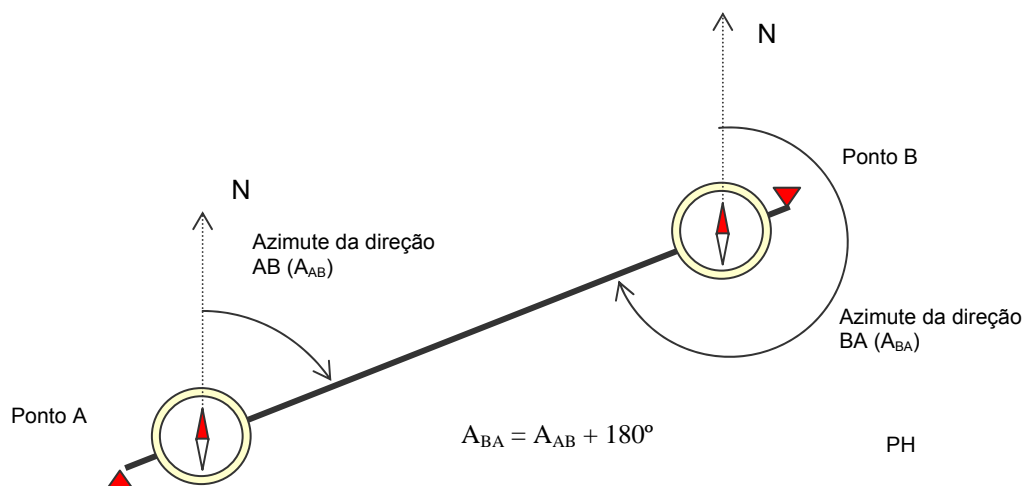


Figura 5.4 - Determinação do azimute e contra-azimute da linha AB.

A distância entre os pontos pode ser medida diretamente sobre a linha. Se os pontos não estiverem no mesmo plano horizontal, a distância medida é inclinada, sendo necessário determinar a inclinação desta para calcular a distância horizontal. Para medir a inclinação da mesma é empregado um nível suspenso (figura 5.5). Também apresenta problemas com relação a precisão do método, podendo ser considerado uma observação expedita.

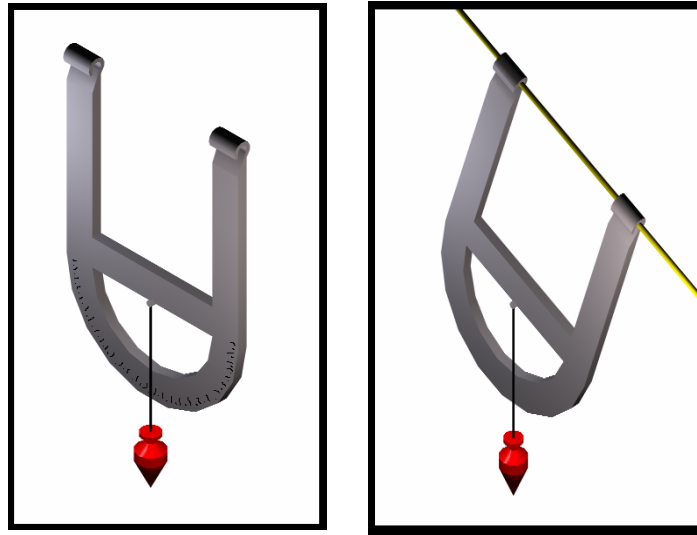


Figura 5.5 - Nível suspenso.

O uso deste equipamento é simples, sendo que a leitura realizada no instrumento corresponde à inclinação  $\alpha$  da linha (figura 5.6).

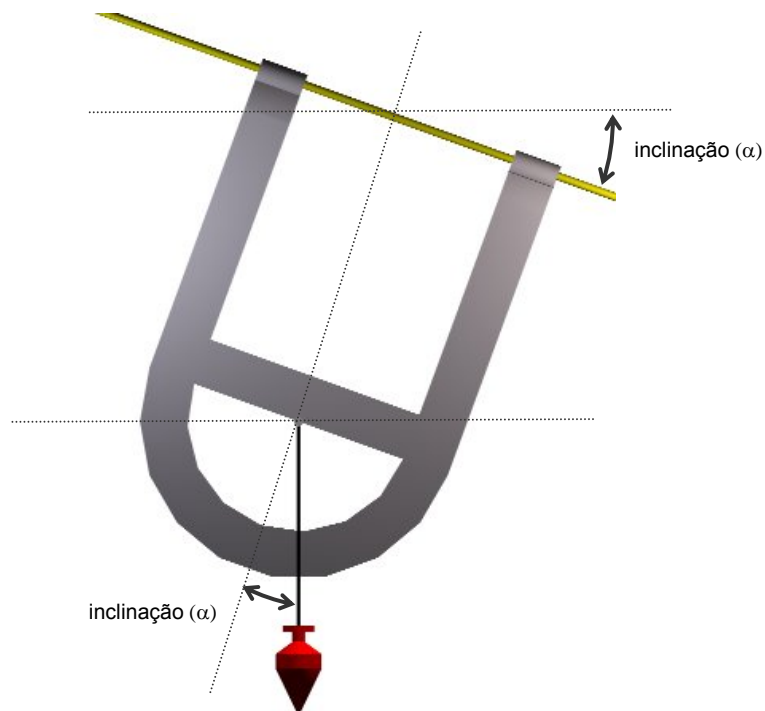


Figura 5.6 - Determinação da inclinação  $\alpha$ .

## 5.2 - LEVANTAMENTO DE DETALHES UTILIZANDO A TRENA COMO LINHA DE REFERÊNCIA

Neste método será empregada uma trena para definir uma linha de referência entre pontos a partir da qual será realizado o levantamento de detalhes da galeria. Estes são importantes para a representação da seção transversal das galerias. Não é uma técnica precisa, em face de forma de execução das medidas.

Inicialmente estaciona-se o equipamento no ponto A e faz-se a pontaria no ponto B (no fio de prumo, por exemplo, no ponto B'). Estica-se então a trena entre os pontos A' (indicação do eixo secundário do equipamento) e B' (ponto onde foi realizada a pontaria). O zero da trena estará exatamente no ponto A' e a outra ponta da trena no ponto B' exatamente onde foi feita a pontaria. Com isso a trena estará materializando a linha de visada. A figura a seguir ilustra este raciocínio.

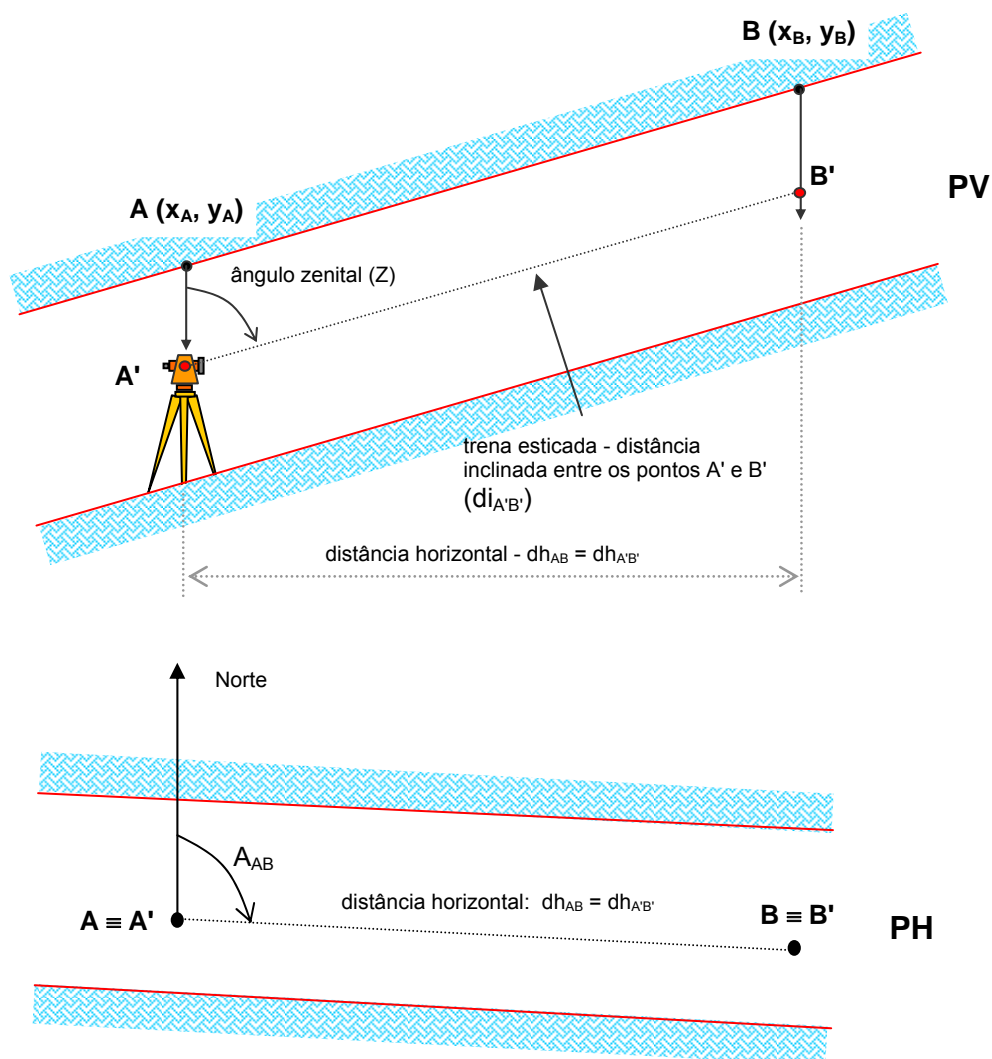


Figura 5.7 - Trena utilizada como linha de referência.



As coordenadas do ponto B poderão ser calculadas por:

$$x_B = x_A + dh_{AB} \cdot \text{sen } A_{AB} \quad (5.1)$$

$$y_B = y_A + dh_{AB} \cdot \text{cos } A_{AB} \quad (5.2)$$

$$dh_{AB} = di_{A'B'} \cdot \text{sen } Z \quad (5.3)$$

onde:

$x_B, y_B$  = coordenadas do ponto B

$x_A, y_A$  = coordenadas do ponto A

$dh_{AB}$  = distância horizontal entre os pontos A e B

$dh_{A'B'}$  = distância horizontal entre os pontos A' e B'

$di_{A'B'}$  = distância inclinada entre os pontos A' e B'

$A_{AB}$  = Azimute da direção AB

$Z$  = ângulo zenital

Deseja-se então, por exemplo, realizar o levantamento de uma seção que passa pelo ponto P e determinar as coordenadas do mesmo (figura 5.8). Sobre a trena esticada, mede-se a distância inclinada entre os pontos A'P' ( $di_{A'P'}$ ), sendo P' a projeção de P sobre a linha de referência (trena), conforme figura 5.8.

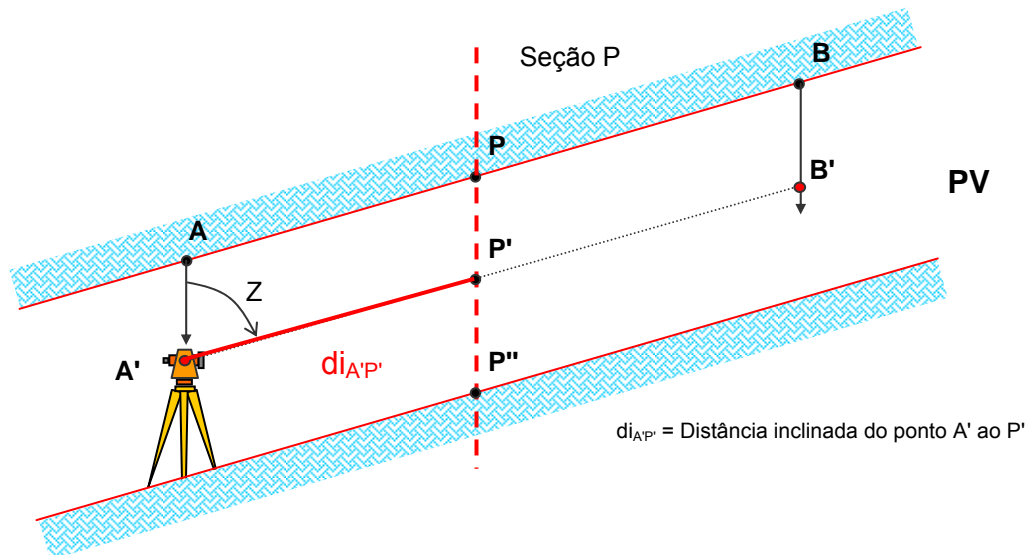


Figura 5.8 - Seção que passa pelo ponto P.

A distância horizontal entre os pontos A e P ( $dh_{AP}$ ) pode ser obtida pela equação abaixo.

$$dh_{AP} = dh_{A'P'} = di_{A'P'} \cdot \text{sen } Z \quad (5.4)$$

Representando os pontos A, P e B em planta, e assumindo que os três estejam alinhados (figura 5.9), ou seja, o azimute AP é igual ao azimute AB, é possível calcular as coordenadas x e y do ponto P.

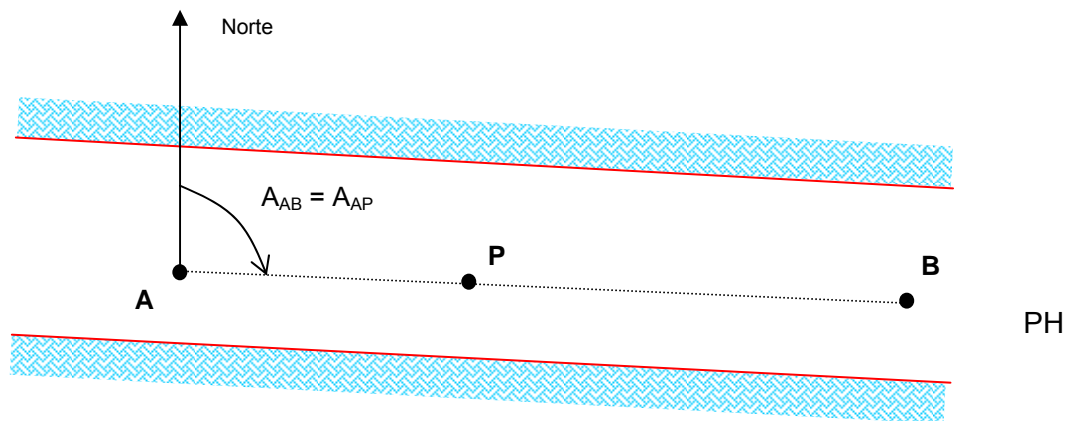


Figura 5.9 - Azimute da direção AB e AP.

$$x_P = x_A + dh_{AP} \cdot \text{sen } A_{AP} \quad (5.5)$$

$$y_P = y_A + dh_{AP} \cdot \text{cos } A_{AP} \quad (5.6)$$

onde:

$x_B, y_B$  = coordenadas do ponto P

$x_A, y_A$  = coordenadas do ponto A

$dh_{AP}$  = distância horizontal entre os pontos A e P

$A_{AP}$  = Azimute da direção AP

Z = distância zenital

Para representar a seção transversal que passa pelo ponto P é necessário conhecer a altura e largura da mesma.

A altura é obtida medindo-se a distância PP' (chamada de distância ao teto ou simplesmente teto -dt) e P'P'' (distância ao piso ou simplesmente piso -dp). As distâncias devem ser tomadas com a trena perfeitamente na vertical (figura 5.10).

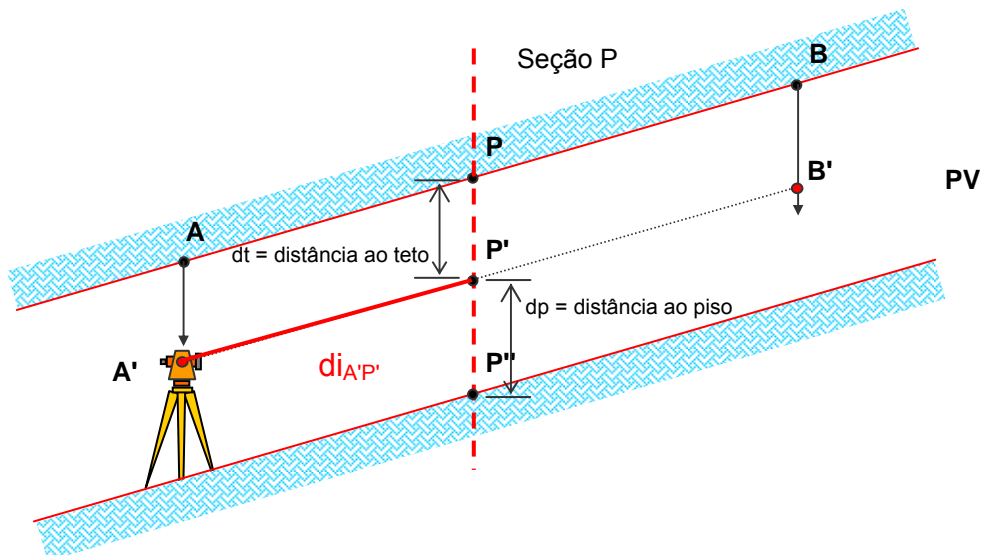


Figura 5.10 - Distâncias ao teto e ao piso.

Na medição destas distâncias empregam-se trenas metálicas (figura 5.11). Observar que uma das trenas possui uma fita mais larga, impedindo que a mesma se curve com facilidade durante as medições em campo.



Figura 5.11 - Trens metálicas.

Para o levantamento da largura da galeria, mede-se a distância do ponto  $P'$  ao  $P'''$  (esta medida deve ser tomada com a trena perfeitamente na horizontal), chamada de distância a esquerda ( $dE$ ) e a distância  $P'P^{IV}$ , denominada de distância a direita ( $dD$ ), conforme ilustra a figura 5.12, considerando-se que o sentido do levantamento seja de A para B (B é vante de A).

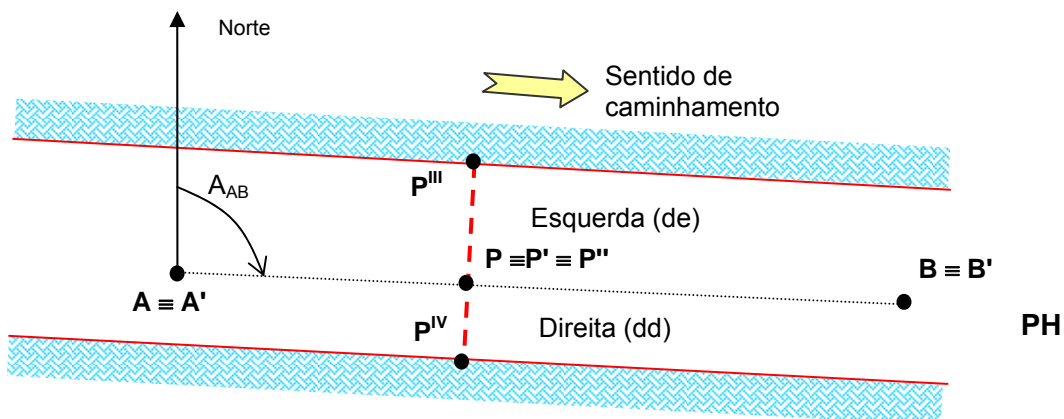


Figura 5.12 - Distância à esquerda e direita.

A figura a seguir apresenta todos os elementos medidos para a definição da seção transversal que passa pelo ponto P.

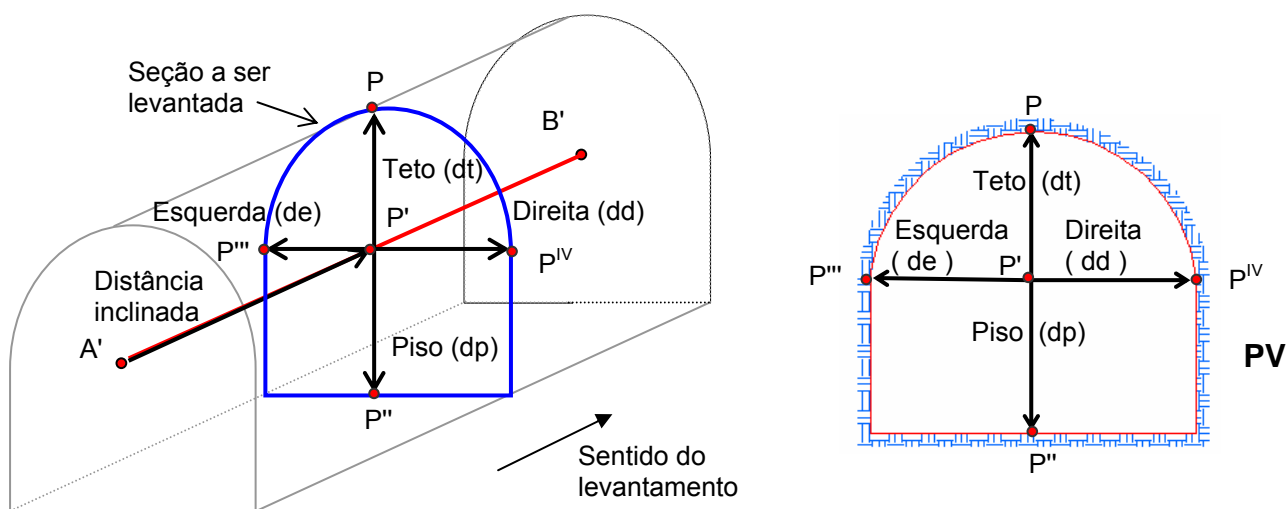


Figura 5.13 - Distâncias a teto, piso, esquerda e direita.

A figura 5.14 ilustra uma medida realizada em campo da seção onde está estacionado o equipamento.



Distância ao teto (dt)



Distância ao piso



Distância à esquerda (de)



Distância à direita (dd)

Figura 5.14 - Medidas de teto, piso, esquerda e direita em campo.

Para cada seção devem ser efetuadas todas as leituras, não esquecendo de observar sempre o sentido de caminhamento. Durante a medição das distâncias à esquerda e direita da linha, a trena metálica deve estar o mais ortogonal possível a linha de referência. Em resumo devem ser medidos:

di: distancia inclinada medida a partir do eixo secundário do equipamento até o ponto da seção que está sendo medida, materializada pela trena esticada (linha de referência).

dt: distância da linha de referência ao teto

dp: distancia da linha de referência ao piso

de: distancia da linha de referência até a lateral esquerda

dd: distancia da linha de referência até a lateral direita

Z: distância zenital referente à linha de referência.

Um exemplo de caderneta de campo é apresentado na figura 5.15.

LINHA DE REFERÊNCIA		Hz (azimute da linha de referência)		Z (ângulo zenital)	
SEÇÃO	di (m)	de (m)	dd (m)	ht (m)	hp (m)

Figura 5.15 - Exemplo de caderneta de campo para levantamento das seções.

Com estes elementos é possível representar a seção transversal que passa pelo ponto P.

A decisão de quais seções transversais serão levantadas e o número de seções dependerá da galeria que está sendo trabalhada. Sempre que houver variação na altura ou largura da seção transversal da galeria, esta deverá ser levantada. Na figura 5.16-a é apresentada a seção transversal de uma mina. Na figura 5.16-b estão indicadas as diferentes seções que deverão ser levantadas.

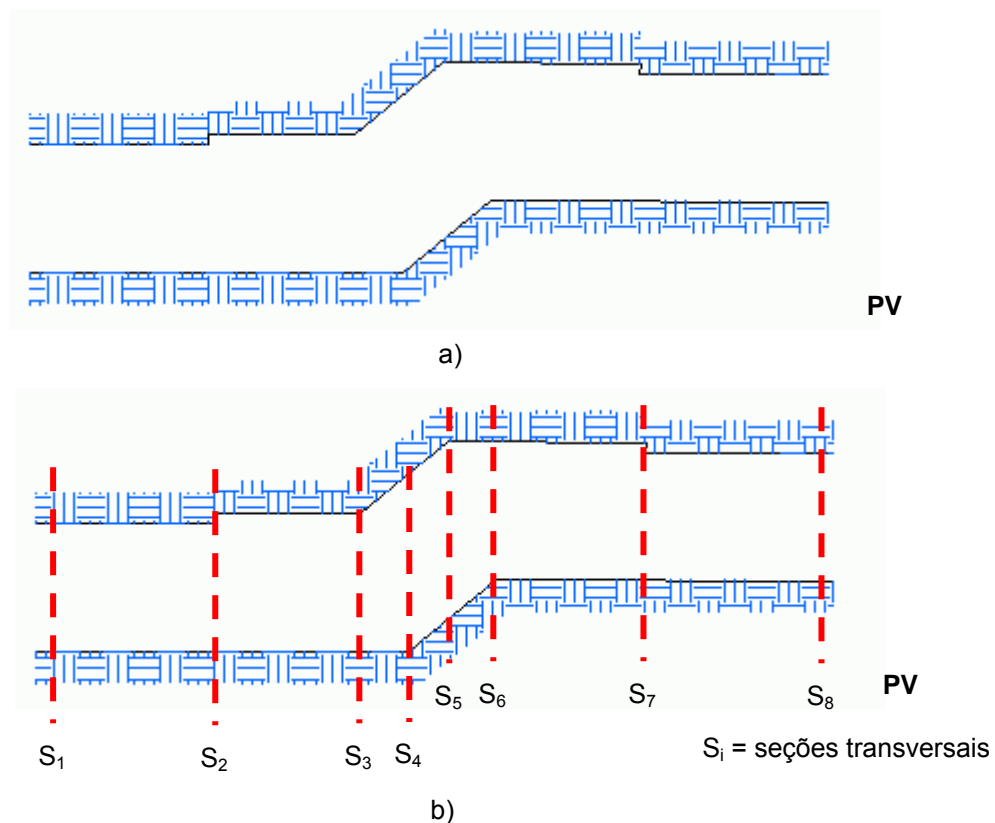


Figura 5.16 – Seções transversais a serem levantadas.

Um exemplo de aplicação desta técnica de levantamento é apresentado a seguir, onde foram levantados os corredores de um bloco didático do Centro Politécnico da UFPR. Foram instalados pontos no teto (figura 5.17) e no piso do corredor para a execução do levantamento. Os pontos no teto foram materializados através de ganchos chumbados no teto do corredor.



Figura 5.17 - Medição de um dos lados da poligonal, onde os dois pontos estão no teto.

A partir dos dados coletados em campo foi possível elaborar a planta dos corredores (figura 5.18).

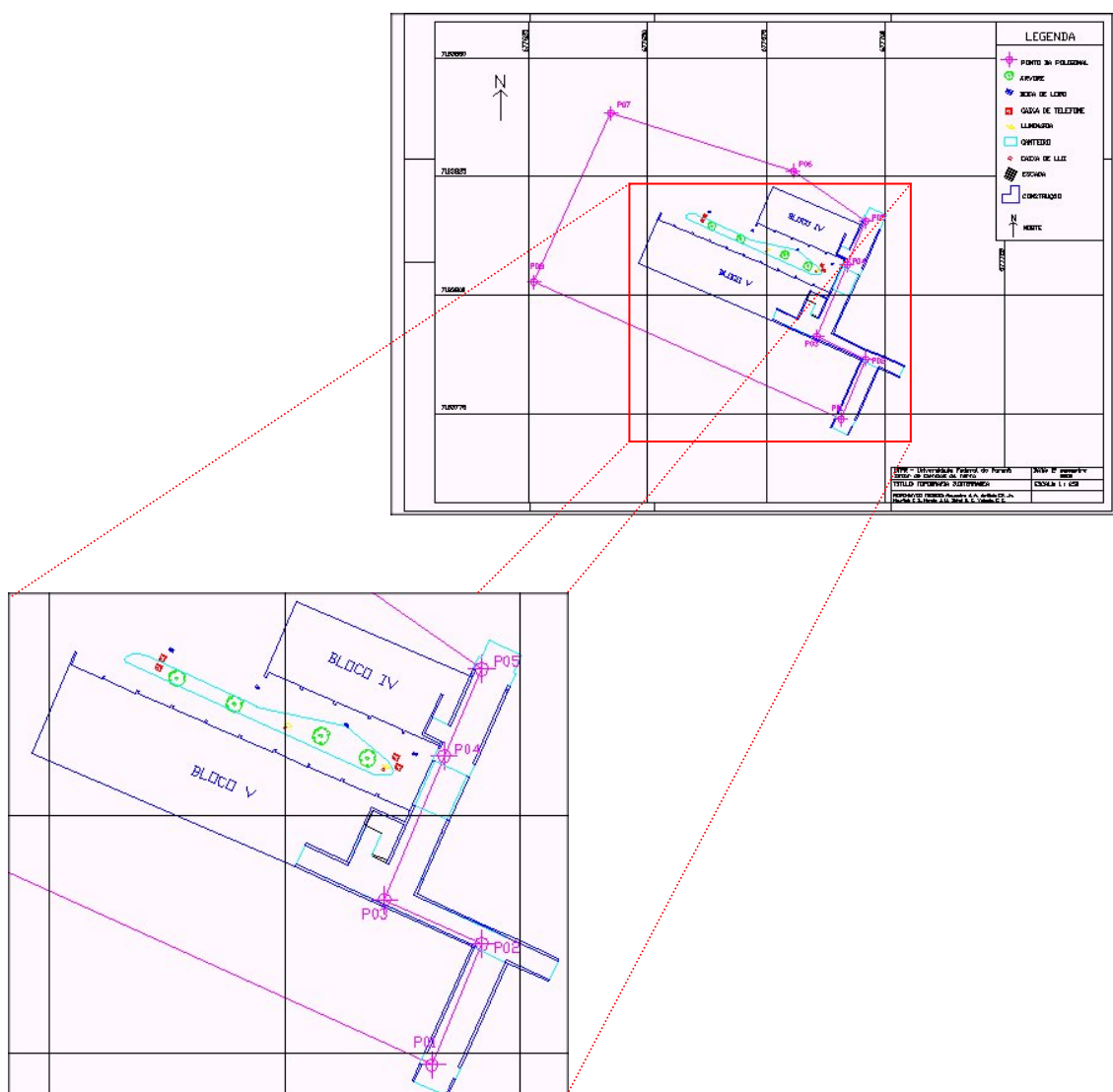


Figura 5.18 - Representação em planta do levantamento.

Um exemplo de representação tridimensional obtido a partir dos levantamentos executados é apresentado na figura 5.19.

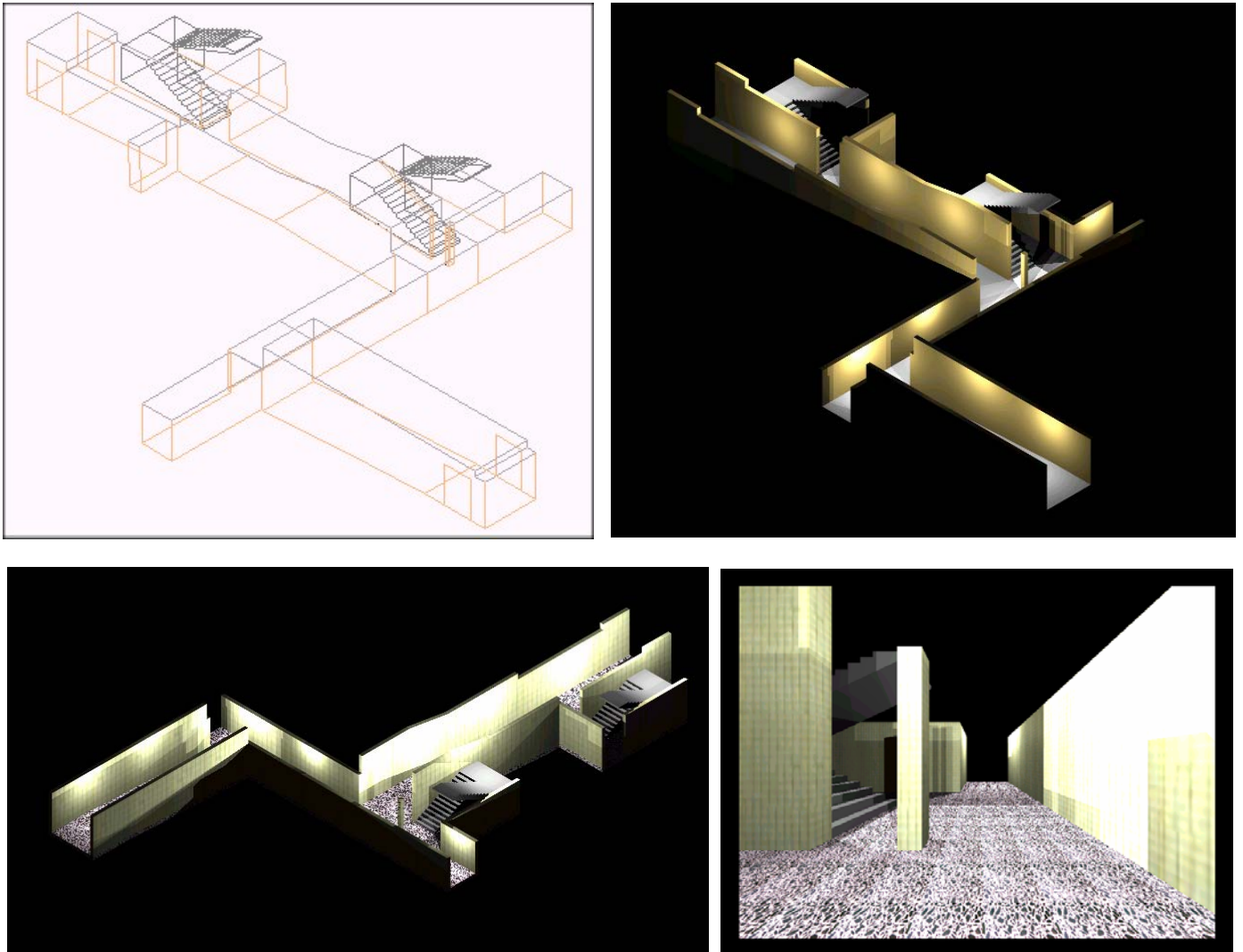


Figura 5.19 - Representação tridimensional (não corresponde a área apresentada a anteriormente)..



## 6 - FÓRMULAS EMPREGADAS PARA A DETERMINAÇÃO DO DESNÍVEL

Para o cálculo planimétrico as fórmulas empregadas são as mesmas do processo tradicional. Na seqüência será apresentado o formulário para a obtenção dos desníveis entre os pontos. Como poderá ser visto, todas estas fórmulas são de fácil dedução.

### 6.1 - Chão - Teto

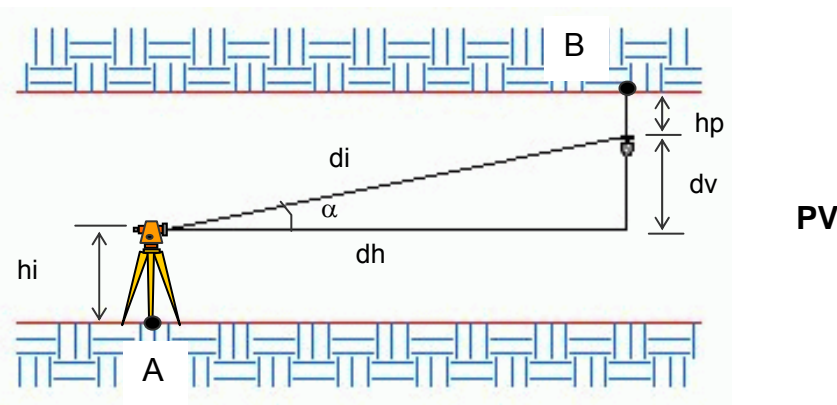


Figura 6.1 – Projeção Vertical – chão a teto.

onde:

hi: altura do equipamento em A;

hp: altura do ponto onde foi feita a visada;

$C_A$ : cota/altitude do ponto A;

$C_B$ : cota/altitude do ponto B;

$\alpha$ : ângulo vertical;

dh: distância horizontal entre os pontos A e B;

di: distância inclinada (entre o eixo secundário do equipamento e o ponto onde foi realizada a pontaria);

dv: distância ao longo da vertical entre a linha horizontal que passa pelo centro do equipamento e o ponto onde foi realizada da pontaria.

$$dh = di \cdot \cos \alpha$$

$$dv = di \cdot \sin \alpha \quad (6.1)$$

$$\boxed{C_B = C_A + hi \pm dv + hp} \quad (6.2)$$

$\pm dv$  → Observar a questão do ângulo vertical. Quando utiliza-se o ângulo zenital o sinal já é dado automaticamente, o que não ocorre quando se está trabalhando com ângulo vertical.

## 6.2 - Teto - teto

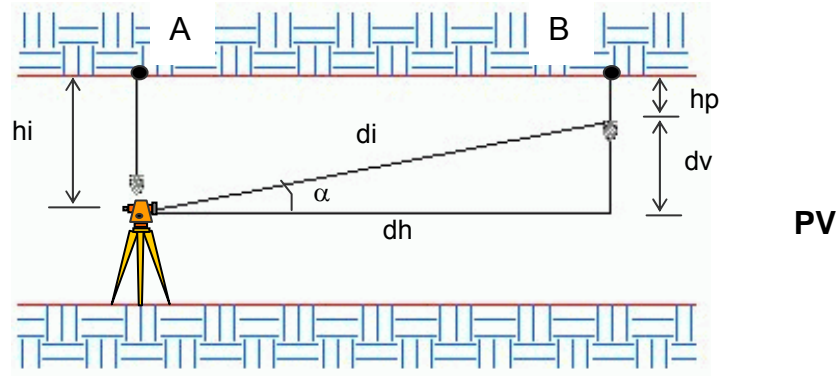


Figura 6.2 – Projeção vertical - teto a teto.

$$C_B = C_A - hi \pm dv + hp \quad (6.3)$$

## 6.3 - Teto - Chão

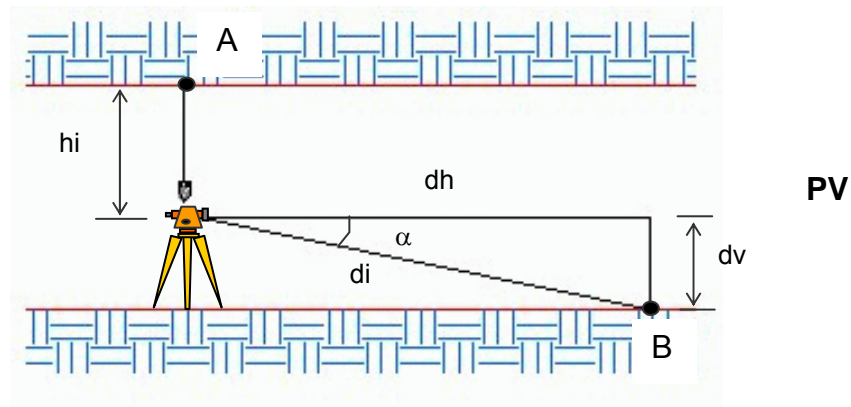


Figura 6.3 – Projeção Vertical – teto a chão.

$$C_B = C_A - hi \pm dv \quad (6.4)$$

## 7 - NIVELAMENTO GEOMÉTRICO

Neste caso, o diferencial está nas miras posicionadas no teto (com a base encostada no ponto do teto). Para as leituras efetuadas com a mira nesta posição, basta acrescentar o sinal negativo à leitura. As figuras 7.1 e 7.2 ilustram esta questão. No primeiro caso o desnível está sendo determinado entre um ponto no chão e outro no teto, sendo que a leitura em vante será considerada negativa. No segundo exemplo os dois pontos estão no teto e, portanto, as duas leituras serão negativas.

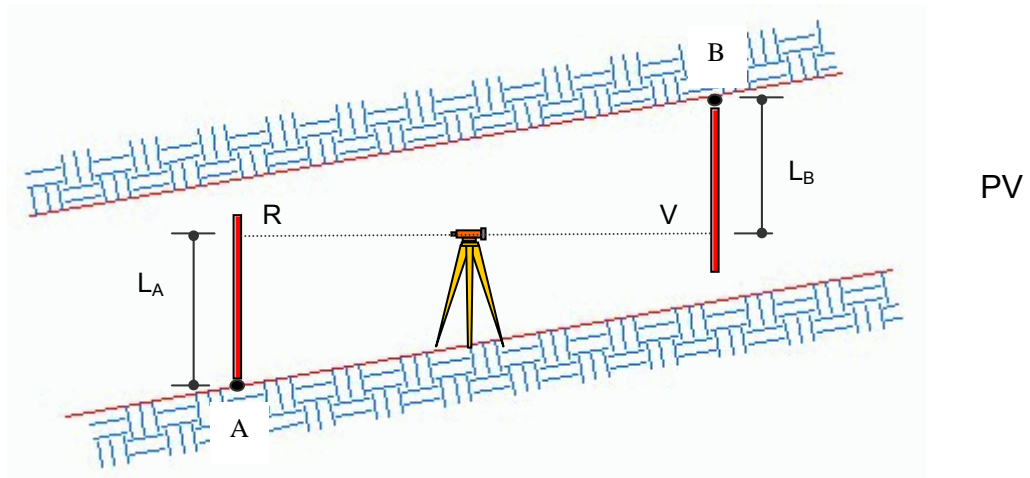


Figura 7.1 – Nivelamento geométrico entre um ponto no chão e outro no teto.

Tomando a figura 7.1, será admitida uma leitura em Ré (leitura  $L_A$ ) igual a 1,500 m e em Vante (leitura  $L_B$ ) de 1,300m, com o sinal negativo. O desnível será dado por:

$$\begin{aligned}\Delta H_{AB} &= R - V \\ \Delta H_{AB} &= 1,500 - (-1,300) \\ \Delta H_{AB} &= 2,800\text{m}\end{aligned}$$

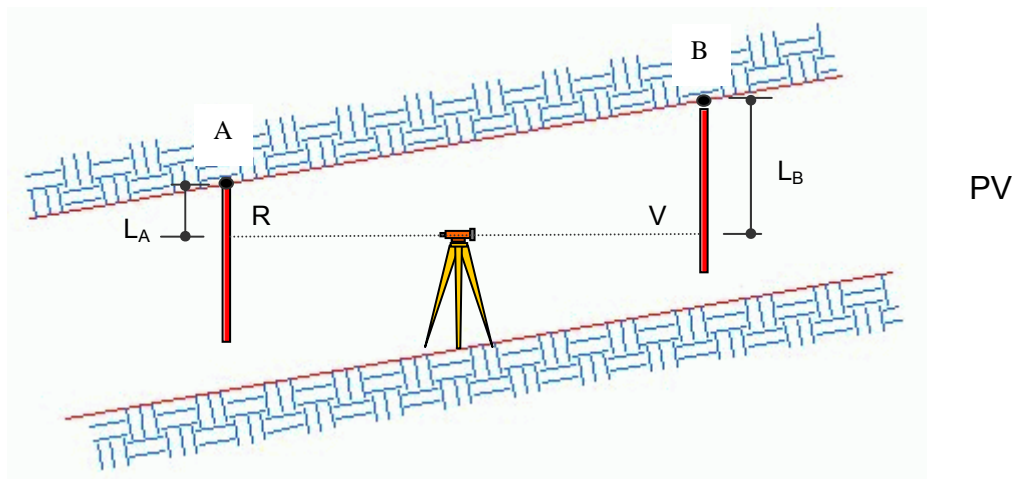


Figura 7.2 – Nivelamento geométrico entre dois pontos no teto.

Na figura 7.2, assumindo a leitura em Ré (leitura  $L_A$ ) igual a 1,200 m e a leitura em Vante (leitura  $L_B$ ) igual a 1,400 m, ambas com sinal negativo (as duas posicionadas no teto), tem-se que o desnível entre os pontos A e B é igual a:

$$\begin{aligned}\Delta H_{AB} &= R - V \\ \Delta H_{AB} &= -1,200 - (-1,400) \\ \Delta H_{AB} &= 0,20\text{m}\end{aligned}$$

**EXERCÍCIOS**

**EXERCÍCIO 1:** Dada a caderneta abaixo, representar a mina levantada em planta e perfil.

CADERNETA DE CAMPO						
LINHA DE REFERÊNCIA						
Pontos		Azimute ( $A_{AB}$ )		Ângulo Zenital (Z)		Distância Inclinada (di)
AB		45°15'		82° 59'		16,24 m
SEÇÃO	di (m)	de (m)	dd (m)	dt (m)	dp (m)	OBS.
A	0,0	1,90	2,40	1,15 (hi)	1,50	teto
P	8,50	2,00	3,20	1,95 (hp)	1,60	teto
B	16,24	3,20	2,10	1,20 (hp)	1,67	teto

Coordenadas do ponto A:

$$x_A = 52,10 \text{ m}$$

$$y_A = 23,15 \text{ m}$$

$$z_A = 4,68 \text{ m}$$

---

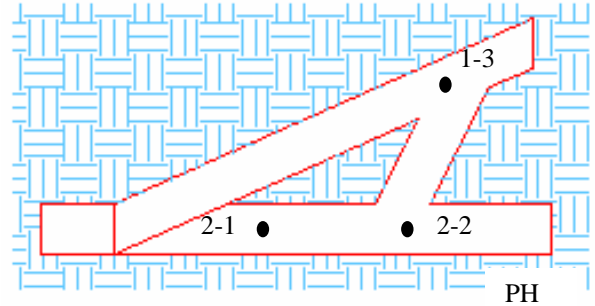
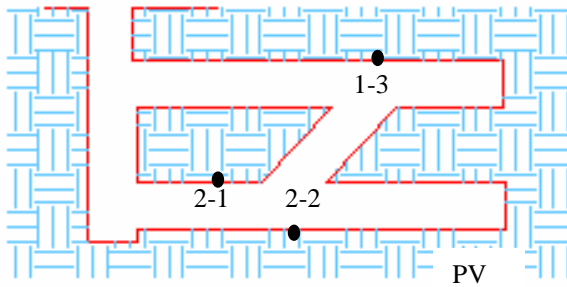
1.4 Calculando as coordenadas do ponto P

Realizar os desenhos em planta e perfil

Figura E.1 - Representação em planta.

Figura E.2 - Representação em perfil.

**EXERCÍCIO 2** - Para o levantamento realizado em uma mina, esquematizando abaixo, foram obtidas as medições apresentadas nas tabelas abaixo. Calcular as coordenadas do ponto 1-3 (x, y e z).



Estação	Ponto	Hz (direção horizontal)	V (ângulo vertical)	di	hp
2-2 hi= 1,43m	2-1	0° 00'			
	1-3	135° 14'	52° 30'	14,70m	1,15m

Ponto	x (m)	y (m)	z (m)
2-1	1100,00	735,00	142,1
2-2	1120,00	735,00	140,3

### 1 - Azimute da Direção 2-1/2-2

$$A_{2-1/2-2} = 90^\circ$$

### 2 - Cálculo do Azimute da direção 2-2/1-3

$$A_{2-2/1-3} = A_{2-1/2-2} + \alpha - 180^\circ$$

$$A_{2-2/1-3} = 90^\circ + 135^\circ 14' - 180^\circ$$

$$A_{2-2/1-3} = 45^\circ 14'$$

### 3 - Cálculo das Coordenadas do ponto 1-3

$$dh_{2-2/1-3} = di \cdot \cos V$$

$$dh_{2-2/1-3} = 14,70 \cdot \cos 52^\circ 30'$$

$$dh_{2-2/1-3} = 8,949 \text{ m}$$

$$x_{1-3} = x_{2-2} + dh_{2-2/1-3} \cdot \sin A_{2-2/1-3}$$

$$x_{1-3} = 1120 + 8,949 \cdot \sin 45^\circ 14'$$

$$x_{1-3} = 1126,35 \text{ m}$$

$$y_{1-3} = y_{2-2} + dh_{2-2/1-3} \cdot \cos A_{2-2/1-3}$$

$$y_{1-3} = 735 + 8,949 \cdot \cos 45^\circ 14'$$

$$y_{1-3} = 741,30 \text{ m}$$

$$dv = di \cdot \sin V$$

$$dv = 14,70 \cdot \sin 52^\circ 30'$$

$$dv = 11,66 \text{ m}$$

$$z_{1-3} = z_{2-2} + hi + dv + ht$$

$$z_{1-3} = 140,3 + 1,43 + 11,66 + 1,15$$

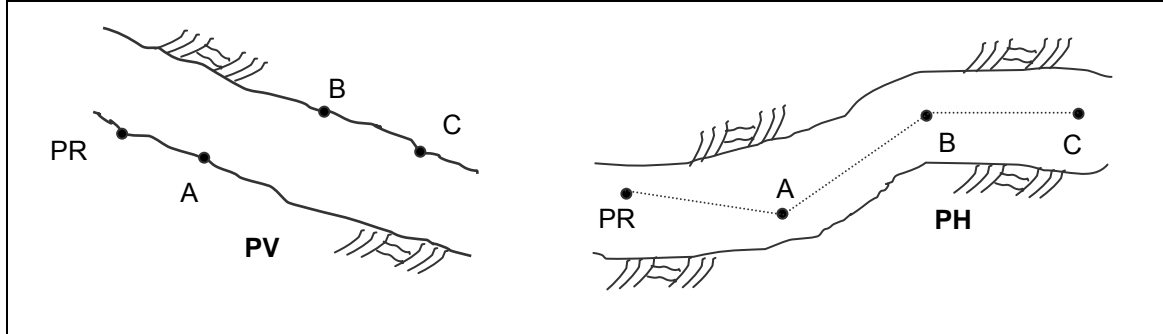
$$z_{1-3} = 154,54 \text{ m}$$

**Resp:**  $x_{2-3} = 1126,35\text{m}$     $y_{2-3} = 741,30\text{m}$     $z_{2-3} = 154,54\text{m}$

**EXERCÍCIO 3:** Dada a caderneta de campo, calcular as coordenadas dos pontos B e C. Os cálculos devem ser aproximados a 3º casa decimal (milímetro)

Estação	Ponto	H <sub>z</sub> (direção horizontal)	Z (ângulo Zenital)	d <sub>i</sub> (m)	h <sub>i</sub> (m)	h <sub>p</sub> (m)	Observação
A	PR	00° 00'			1,50		Chão
	B	150° 20'	88° 47'	32,50		0,35	Teto
B	A	00° 00'			0,40		
	C	204° 32'	90° 27'	25,00		0,50	Teto

**Croqui**



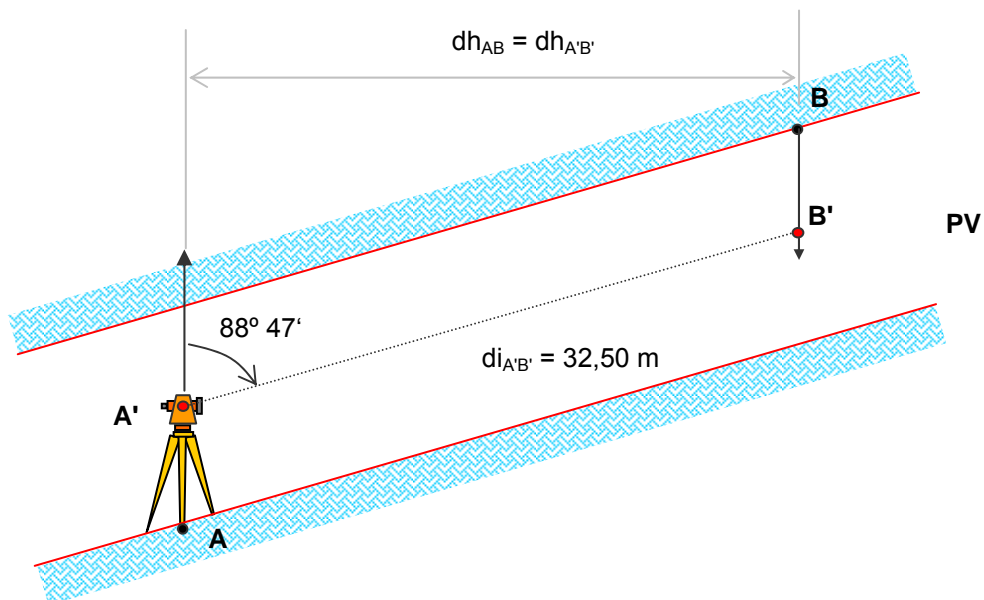
**Dados Complementares**

APR-A = 120°02'

Coordenadas da Estação A.  
 x= 1000m, y= 1000m, z= 100m

**1) Cálculo das distâncias horizontais entre os pontos.**

- distância horizontal entre os pontos A e B

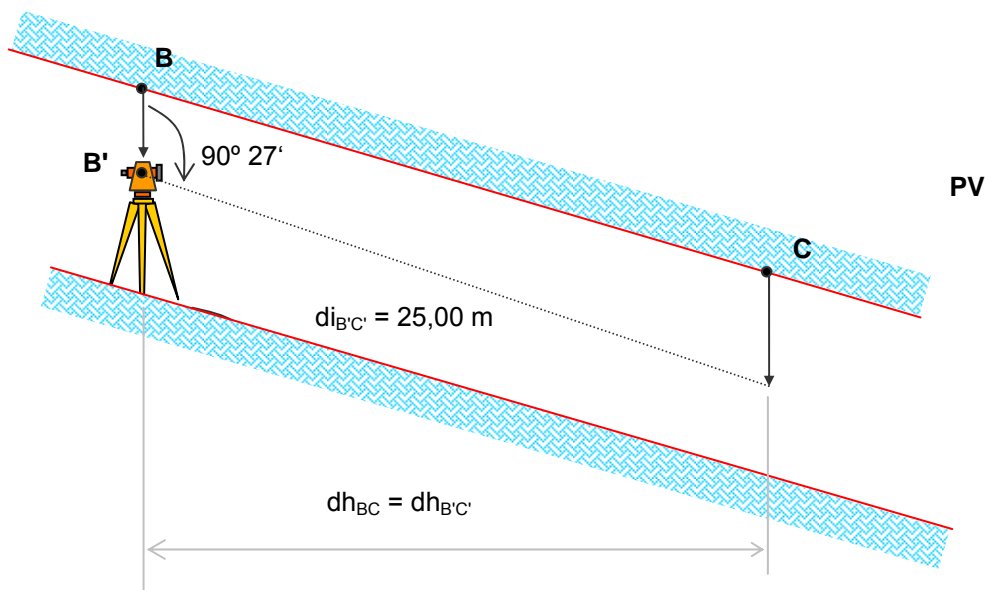


$$\text{sen } Z = \frac{dh_{AB}}{32,50} \therefore dh_{AB} = 32,50 \text{ sen } 88^\circ 47'$$

$dh_{AB} = 32,493 \text{ m}$



- distância horizontal entre os pontos B e C



$$\text{sen } Z = \frac{dh_{BC}}{25,00} \therefore dh_{BC} = 25,00 \text{ sen } 90^{\circ}27'$$

$$dh_{BC} = 24,999 \text{ m}$$

## 2) Cálculo dos Azimutes

$$A_{AB} = A_{PR-A} + \alpha - 180^{\circ}$$

$\alpha$  = ângulo horizontal horário da direção PR - A - B

$\alpha$  = Leitura horizontal em B ( $L_V$ ) - Leitura horizontal em PR ( $L_R$ )

$$\alpha = 150^{\circ}20' - 00^{\circ}00'$$

$$\alpha = 150^{\circ}20'$$

$$A_{AB} = 120^{\circ}02' + 150^{\circ}20' - 180^{\circ}$$

$$A_{AB} = 90^{\circ}22'$$

para o azimute  $A_{BC}$

$$A_{BC} = A_{AB} + \alpha_{A-B-C} - 180^{\circ}$$

$$A_{BC} = 90^{\circ}22' + 204^{\circ}32' - 180^{\circ}$$

$$A_{BC} = 114^{\circ}54'$$

$$\alpha_{A-B-C} = L_V - L_R = 204^{\circ}32' - 0^{\circ}$$

$$\alpha_{A-B-C} = 204^{\circ}32'$$

## 3) Cálculo das coordenadas X e Y dos pontos B e C

$$x_B = x_A + dh_{AB} \cdot \text{sen } A_{AB}$$

$$x_B = 1000 + 32,493 \cdot \text{sen } 90^\circ 22'$$

$$x_B = 1032,492\text{m}$$

$$x_C = x_B + dh_{BC} \cdot \text{sen } A_{BC}$$

$$x_C = 1032,492 + 24,999 \cdot \text{sen } 114^\circ 54'$$

$$x_C = 1055,167\text{m}$$

$$y_B = y_A + dh_{AB} \cdot \text{cos } A_{AB}$$

$$y_B = 1000 + 32,493 \cdot \text{cos } 90^\circ 22'$$

$$y_B = 999,792\text{m}$$

$$y_C = y_B + dh_{BC} \cdot \text{cos } A_{BC}$$

$$y_C = 999,792 + 24,999 \cdot \text{cos } 114^\circ 54'$$

$$y_C = 989,266\text{m}$$

#### 4) Cálculo das Cotas dos Pontos

- Cota do ponto B: neste caso a fórmula a ser utilizada é a chão (ponto A) -teto (ponto B).

$$z_B = z_A + hi \pm dv + hp$$

Como se está trabalhando com o ângulo zenital o sinal de dv é dado diretamente no cálculo deste.

$$dv = \cos Z \cdot 32,50 \text{ m}$$

$$dv = \cos 88^\circ 47' \cdot 32,50 \text{ m}$$

$$dv = 0,690 \text{ m}$$

$$z_B = 100,000 + 1,50 + 0,690 + 0,35$$

$$\boxed{z_B = 102,54 \text{ m}}$$

- Cota do ponto C: neste caso a fórmula a ser utilizada é a teto-teto.

$$z_C = z_B - hi \pm dv + hp$$

$$dv = \cos Z \cdot 25,00 \text{ m}$$

$$dv = \cos 90^\circ 27' \cdot 25,00 \text{ m}$$

$$dv = -0,196 \text{ m}$$

$$z_C = 102,54 - 0,40 - 0,196 + 0,50$$

$$\boxed{z_C = 102,444 \text{ m}}$$

---

**Resumo dos Resultados**

<b>Ponto B</b>	<b>Ponto C</b>
$x_B = 1032,493 \text{ m}$	$x_C = 1055,168 \text{ m}$
$y_B = 999,792 \text{ m}$	$y_C = 989,683 \text{ m}$
$z_B = 102,540 \text{ m}$	$z_C = 102,444 \text{ m}$

## 8 - LIGAÇÃO COM O EXTERIOR: TRANSPORTE DE AZIMUTES E COTAS PARA O SUBSOLO

### 8.1 - TRANSPORTE DE AZIMUTE

Como visto no item 2, na maioria das vezes o levantamento executado no subsolo deve estar referenciado a um sistema de referência na superfície, de forma a criar uma ligação entre as estações topográficas na superfície e no subsolo. Para tanto, deve-se realizar o transporte de azimute da superfície para o subsolo. Três métodos mais comuns podem ser empregados: bússola, giroscópio e teodolito.

#### 8.1.1 – Bússola.

Método mais simples e que consiste na utilização de uma bússola para a determinação do azimute magnético de uma direção. O problema está na precisão obtida pelo método e em alguns casos, na confiabilidade do valor obtido, uma vez que os levantamentos são conduzidos em locais que podem causar perturbação na bússola.

#### 8.1.2 - Giroteodolito.

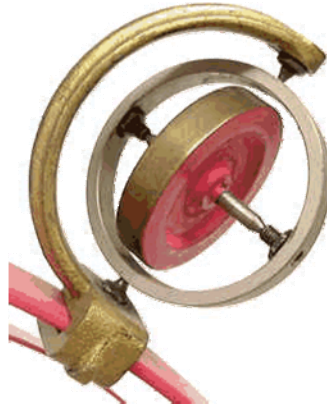
O giroteodolito ou teodolito giroscópico é constituído de um giroscópio acoplado a um teodolito. O modelo disponível no Laboratório de Instrumentação Geodésica da UFPR é um giroteodolito WILD GAK1 (figura 8.1). Este equipamento possibilita a determinação do azimute verdadeiro de uma direção. De acordo com SCHWAB (1994, p.1), pode-se determinar este azimute giroscópico da direção de um ponto com precisão na ordem de 30" pelo método das passagens. Maiores detalhes podem ser encontrados no referido trabalho.



Fonte: WILD s.d.

Figura 8.1 – Giroteodolito WILD GAK1

O funcionamento deste equipamento está baseado nos princípios do giroscópio. O primeiro giroscópio é creditado a C. A. Bohnenberger em 1810 e o físico francês Foucault explicou seus princípios inerciais em 1851 (HISTORY MAGAZINE, 2004). O giroscópio consiste essencialmente em uma roda livre para girar em qualquer direção e com a propriedade de opor-se a qualquer tentativa de mudança de direção original (figura 8.2).



Fonte: GIROSCÓPIO (2003).

Figura 8.2 – Giroscópio

Entre as vantagens de utilizar um giroteodolito pode-se citar a orientação pelo norte verdadeiro e não o magnético, porém necessita de energia (baterias) para o seu funcionamento.

### 8.1.3 - Utilizando Teodolito

Diversos procedimentos serão empregados para realizar o transporte de azimute da superfície para o subsolo utilizando teodolitos (estações totais). O primeiro é através de galerias.

#### a) Através da utilização de galerias

Neste caso o processo é feito por poligonização convencional. Existe uma galeria de acesso ao subsolo e pode-se "entrar" com a poligonal de transporte diretamente por esta galeria. A figura 8.3 ilustra este método.

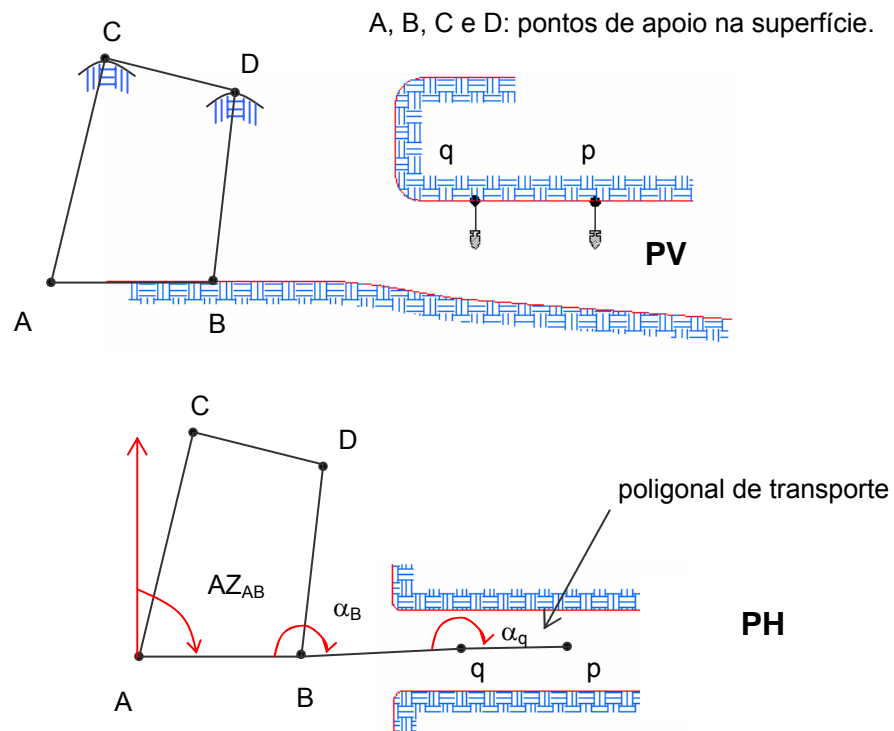


Figura 8.3 – Transporte de azimute por galeria. Fonte: AGUIREZ (2000)

#### b) Baixada de dois prumos por um poço

O transporte é realizado mediante a baixada de dois prumos por um poço, efetuando as amarrações dos mesmos na superfície e no subsolo (figura 8.4).

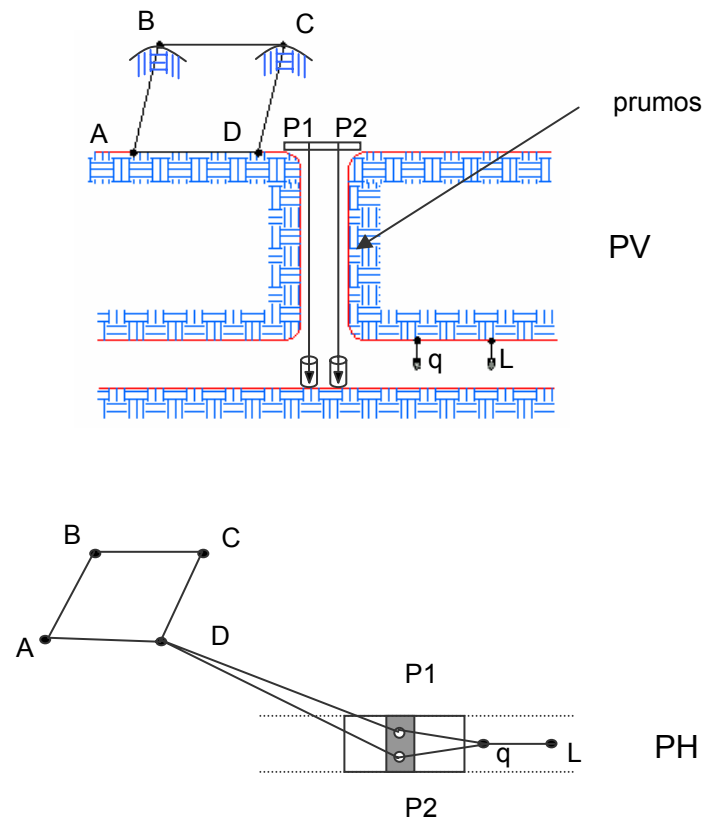


Figura 8.4 – Transporte de azimute mediante a baixada de dois prumos. Fonte: AGUIREZ (2000)

Para atenuar o movimento dos fios, os mesmos são colocados dentro de um recipiente com óleo (figura 8.5). Deve-se tomar cuidado para que o prumo não toque a parte inferior do recipiente. Normalmente empregam-se fios de aço e prumos de 20 a 30 kg

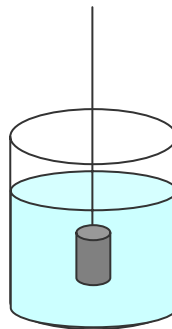


Figura 8.5 – Prumo dentro de um recipiente com óleo para estabilizar o movimento.

O cálculo do transporte de azimute é realizado conforme descrito a seguir, utilizando a figura 8.6 como referência.

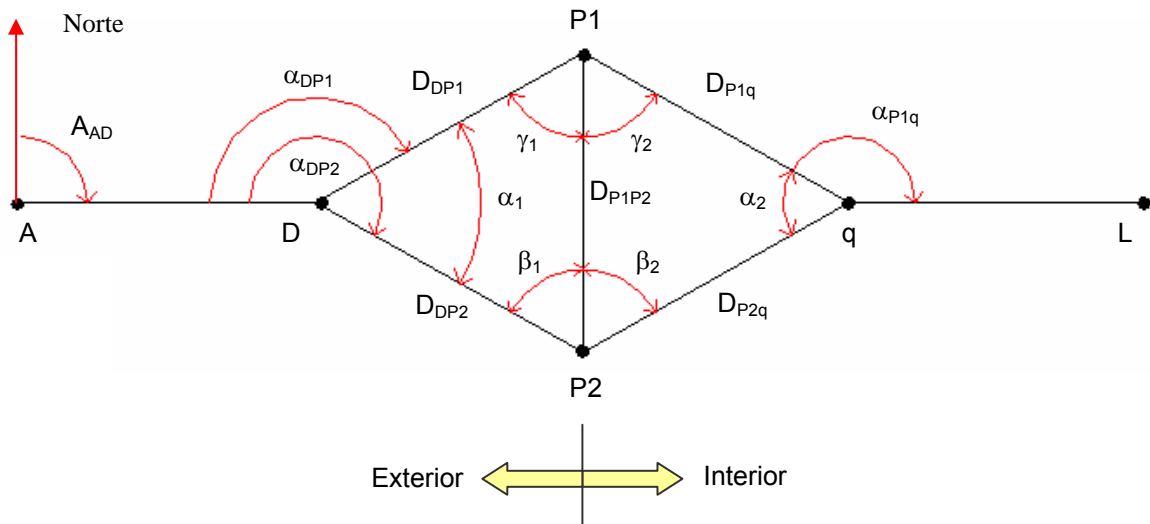


Figura 8.6 - Cálculo do transporte de azimute mediante baixada de dois prismas.

São incógnitas no cálculo:  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\gamma_1$  e  $\gamma_2$ . Os cálculos destes elementos é apresentado a seguir:

$$\begin{aligned} \frac{\text{sen } \alpha_1}{D_{P_1P_2}} &= \frac{\text{sen } \beta_1}{D_{DP_1}} & \rightarrow & \beta_1 = \text{arc sen} \left[ \frac{\text{sen } \alpha_1 \cdot D_{DP_1}}{D_{P_1P_2}} \right] \\ \frac{\text{sen } \alpha_1}{D_{P_1P_2}} &= \frac{\text{sen } \gamma_1}{D_{DP_2}} & \rightarrow & \gamma_1 = \text{arc sen} \left[ \frac{\text{sen } \alpha_1 \cdot D_{DP_2}}{D_{P_1P_2}} \right] \\ \frac{\text{sen } \alpha_2}{D_{P_1P_2}} &= \frac{\text{sen } \beta_2}{D_{P_1q}} & \rightarrow & \beta_2 = \text{arc sen} \left[ \frac{\text{sen } \alpha_2 \cdot D_{P_1q}}{D_{P_1P_2}} \right] \\ \frac{\text{sen } \alpha_2}{D_{P_1P_2}} &= \frac{\text{sen } \gamma_2}{D_{P_2q}} & \rightarrow & \gamma_2 = \text{arc sen} \left[ \frac{\text{sen } \alpha_2 \cdot D_{P_2q}}{D_{P_1P_2}} \right] \end{aligned} \tag{8.1}$$

tem-se que:

$$\begin{aligned} \alpha_1 + \gamma_1 + \beta_1 &= 180^\circ + \varepsilon_1 \\ \alpha_1' &= \alpha_1 + \varepsilon_1 / 3 \\ \gamma_1' &= \gamma_1 + \varepsilon_1 / 3 \\ \beta_1' &= \beta_1 + \varepsilon_1 / 3 \end{aligned} \tag{8.2}$$

onde  $\varepsilon_1$  é o erro de fechamento do triangulo e  $\alpha_1'$ ,  $\beta_1'$  e  $\gamma_1'$  são os ângulos corrigidos.

$$\alpha_1' + \gamma_1' + \beta_1' = 180^\circ \tag{8.3}$$

$$\begin{aligned} \alpha_2 + \gamma_2 + \beta_2 &= 180^\circ + \varepsilon_2 \\ \alpha_2' &= \alpha_2 + \varepsilon_2 / 3 \\ \gamma_2' &= \gamma_2 + \varepsilon_2 / 3 \\ \beta_2' &= \beta_2 + \varepsilon_2 / 3 \end{aligned} \tag{8.4}$$

onde  $\varepsilon_2$  é o erro de fechamento do triangulo e  $\alpha_2'$ ,  $\beta_2'$  e  $\gamma_2'$  são os ângulos corrigidos.



$$\alpha_2' + \gamma_2' + \beta_2' = 180^\circ \quad (8.5)$$

Dois caminhos podem ser tomados para o transporte do Azimute.

1) caminho passando pelos pontos A – D – P<sub>1</sub> – q – L

$$\begin{aligned} A_{DP_1} &= A_{AD} + \alpha_{DP_1} - 180^\circ \\ A_{P_1q} &= A_{DP_1} + [360^\circ - \gamma_1' - \gamma_2'] - 180^\circ \\ A_{qL} &= A_{P_1q} + \alpha_{P_1q} - 180^\circ \end{aligned} \quad (8.6)$$

2) caminho passando pelos pontos A – D – P<sub>2</sub> – q – L

$$\begin{aligned} A_{DP_2} &= A_{AD} + \alpha_{DP_2} - 180^\circ \\ A_{P_2q} &= A_{DP_2} + [\beta_1' + \beta_2'] - 180^\circ \\ A_{qL} &= A_{P_2q} + [\alpha_2 + \alpha_{P_2q}] - 180^\circ \end{aligned} \quad (8.7)$$

A partir destes azimutes é possível calcular as coordenadas dos pontos.

### c) Mediante dois poços com baixada de um prumo

Neste método são utilizados dois poços e por cada um deles é baixado um fio de prumo. Cabe salientar que os dois fios de prumo serão utilizados para a centragem do equipamento dentro da galeria, sendo que desta forma a profundidade do poço passa a ser limitada pela dificuldade de utilização do fio de prumo. A figura 8.7 ilustra este processo. A idéia básica do método é comparar as coordenadas do ponto P2 determinadas dentro da galeria com as determinadas externamente.

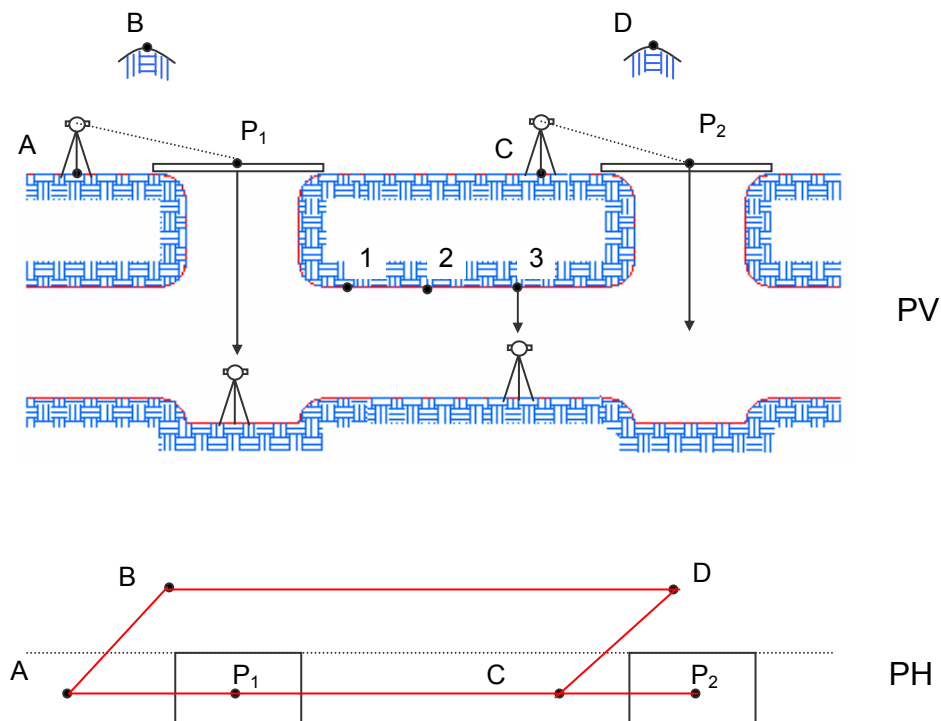


Figura 8.7 - Mediante dois poços com baixada de um prumo. Fonte: AGUIREZ (2000).

Inicialmente a poligonal externa deve estar perfeitamente compensada, e os azimutes das direções AP1 e AP2 conhecidos. No subsolo são realizados os seguintes procedimentos:

- 1) instala-se o teodolito em P<sub>1</sub> e orienta-se o mesmo de acordo com o azimute A<sub>P<sub>1</sub>A</sub> com o auxílio de uma bússola.
- 2) prossegue-se o levantamento até chegar ao ponto P<sub>2</sub> determinando suas coordenadas
- 3) é possível então calcular e comparar o azimute da direção P1-P2 determinado no subsolo (A<sub>P<sub>1</sub>P<sub>2</sub>'</sub>) com o determinado no exterior (A<sub>P<sub>1</sub>P<sub>2</sub></sub>), conforme mostra a figura a seguir.

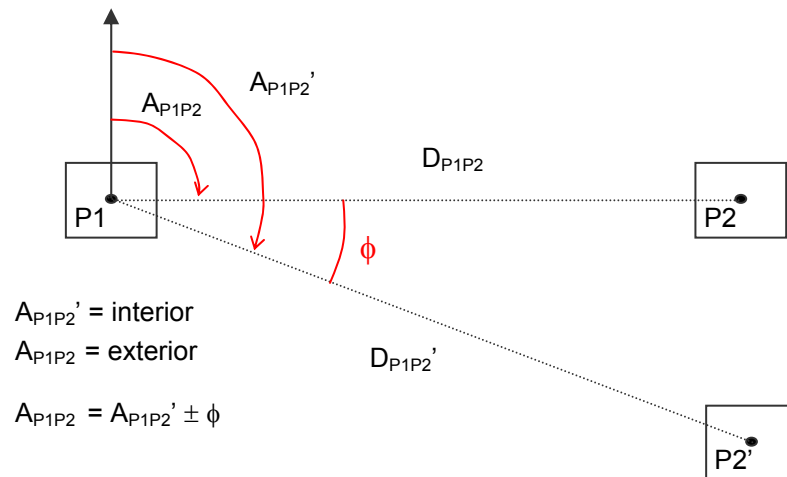


Figura 8.8 - Comparação entre os azimutes determinados na superfície e dentro da galeria.

4) Teoricamente:

$$\begin{aligned} \phi &= A_{P_1P_2} - A_{P_1P_2}' \\ \phi &= 0 \end{aligned} \quad (8.8)$$

5) na prática porém ocorrem erros e o valor de  $\phi$  não é igual a zero.

$$\phi \neq 0 \quad (8.9)$$

6) caso o valor seja diferente de zero corrige-se então o primeiro lance da seção medida

$$A_{P_1/1} = A_{P_1/1} \pm \phi \quad (8.10)$$

**d) Baixada de fios de prumo alinhados**

Para este caso, o transporte do Azimute estará baseado no alinhamento entre pontos (figura 8.9).

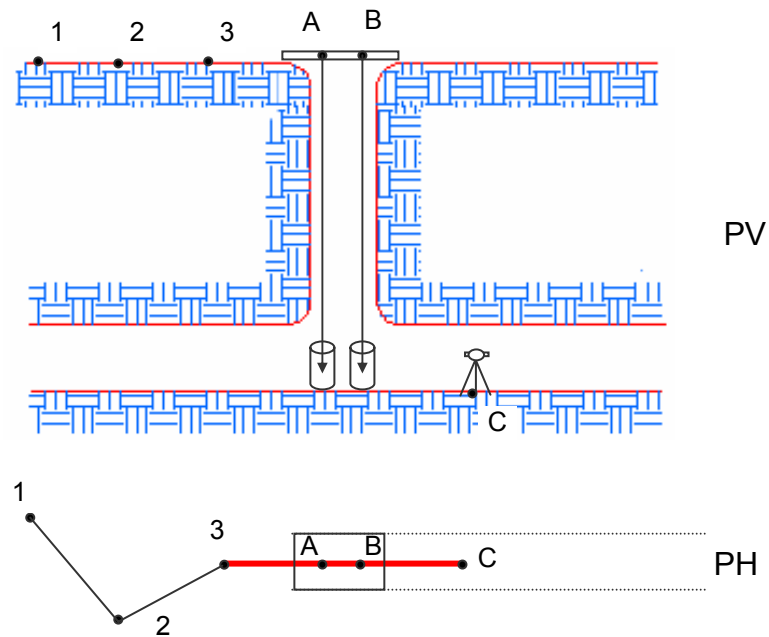


Figura 8.9 - Baixada de fios de prumo alinhados

Os pontos 3, A, B e C devem estar alinhados, sendo que uma dificuldade do método é alinhar os mesmos. A definição do ponto C pode ser feita com o auxílio de uma baliza (figura 8.10) e depois o alinhamento “fino” pode ser feito com o equipamento já instalado (figura 8.11).

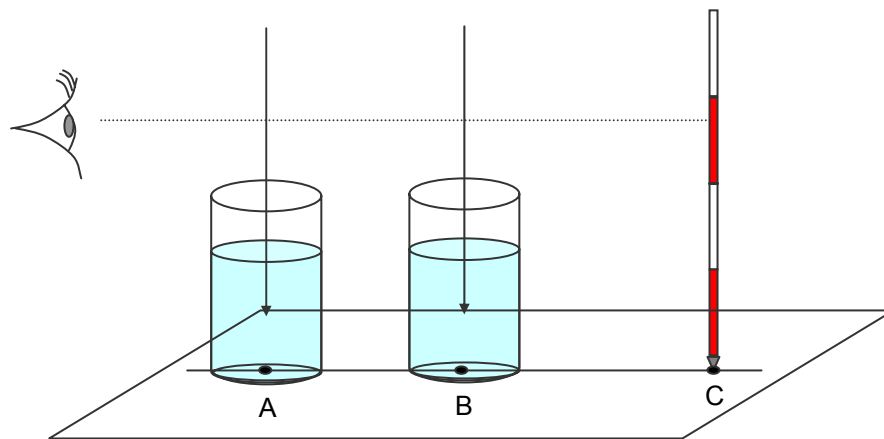


Figura 8.10 - Alinhamento de uma baliza com os dois fios de prumo.

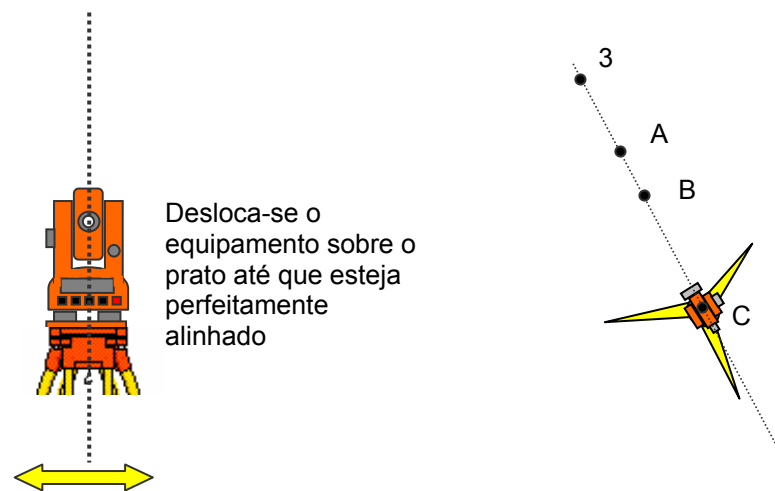


Figura 8.11 - Alinhamento "fino" com o teodolito

## 8.2 - TRANSPORTE DE COTA/ALTITUDE

### 8.2.1 - Transmissor de cotas

Este método emprega um fio de prumo, sendo que a medida do comprimento do mesmo corresponderá ao desnível medido (figura 8.12). A limitação está no comprimento do fio de prumo e sua estabilização.

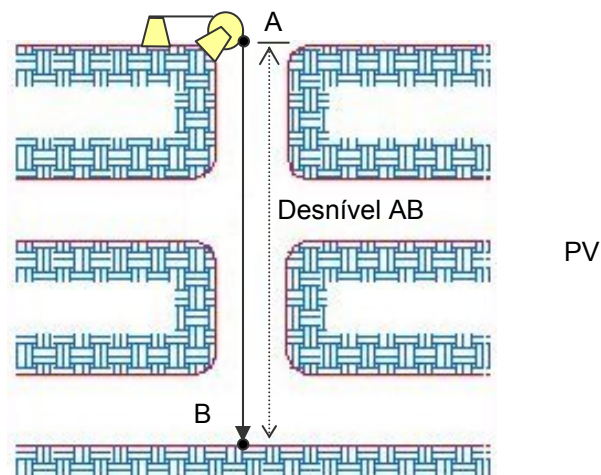


Figura 8.12 - Transmissor de cotas

### 8.2.2 - Técnicas convencionais

Técnicas como nivelamento geométrico ou trigonométrico são utilizadas na determinação do desnível, conforme ilustra a figura 8.13, onde o transporte de altitude está sendo efetuado por nivelamento geométrico.

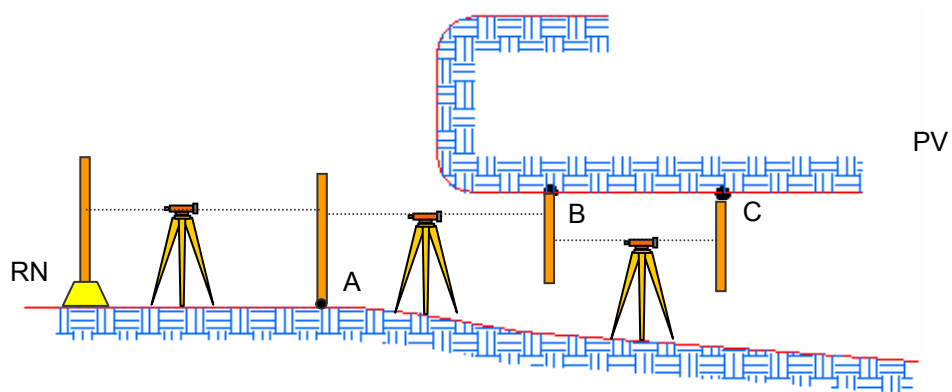
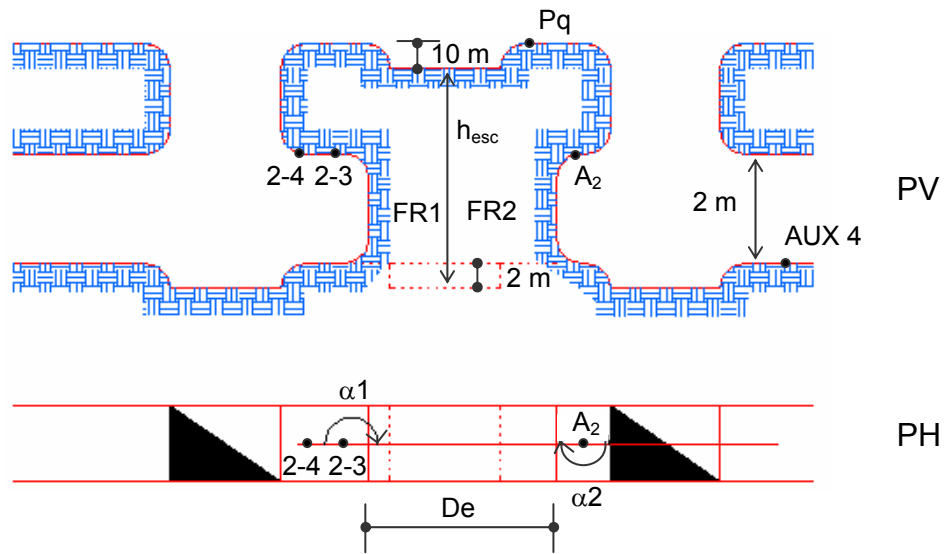


Figura 8.13 - Transporte de altitude por nivelamento geométrico.

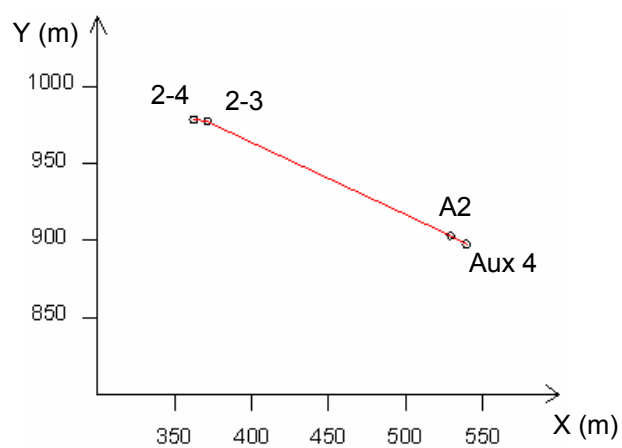
EXERCÍCIO 4: Comunicação de Galerias. Dados os elementos abaixo calcular:  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ , e  $h_{esc}$ . Adaptado de AGUIRREZ (2000).



Ponto	X (m)	Y (m)	Cota (m)
A2	529,045	902,971	1660,448
Aux 4	539,488	897,464	
2-3	370,910	977,380	1660,446
2-4	362,280	978,400	
P4			1673,003

Resolvendo o exercício

A) Plotando os pontos



B) Cálculo da distância entre os pontos 2-3 e A<sub>2</sub>

$$d_{2-3/A2} = \sqrt{(X_{2-3} - X_{A2})^2 + (Y_{2-3} - Y_{A2})^2}$$

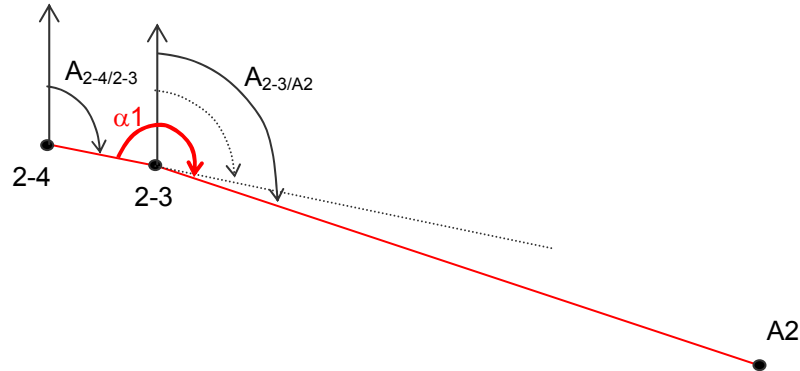
$$d_{2-3/A2} = \sqrt{(370,910 - 529,045)^2 + (977,380 - 902,971)^2}$$

$$d_{2-3/A2} = 174,767\text{m}$$

O comprimento de escavação será igual a distância  $d_{2-3/A2}$  menos as distâncias dos pontos 2-3 e A2 as frentes de escavação.

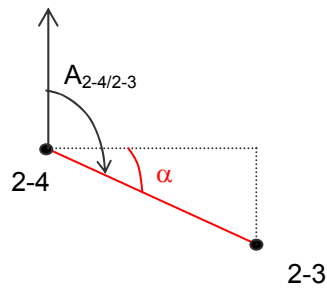
$$\text{Comprimento de escavação} = d_{2-3/A2} - d_{2-3/FR1} - d_{A2/FR2}$$

C) Cálculo dos ângulos horizontais ( $\alpha_1, \alpha_2$ )



$$A_{2-3/A2} = A_{2-4/2-3} + \alpha_1 - 180^\circ$$

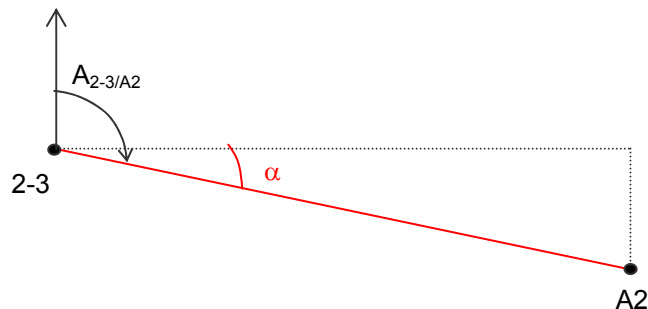
$$\alpha_1 = A_{2-3/A2} - A_{2-4/2-3} + 180^\circ$$



$$\text{tg}\alpha = \frac{\Delta x}{\Delta y} = \frac{1,02}{8,63}$$

$$\alpha = 6^\circ 44' 26,3''$$

$$A_{2-4/2-3} = 96^\circ 44' 26,3''$$



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{-74,409}{158,135}$$

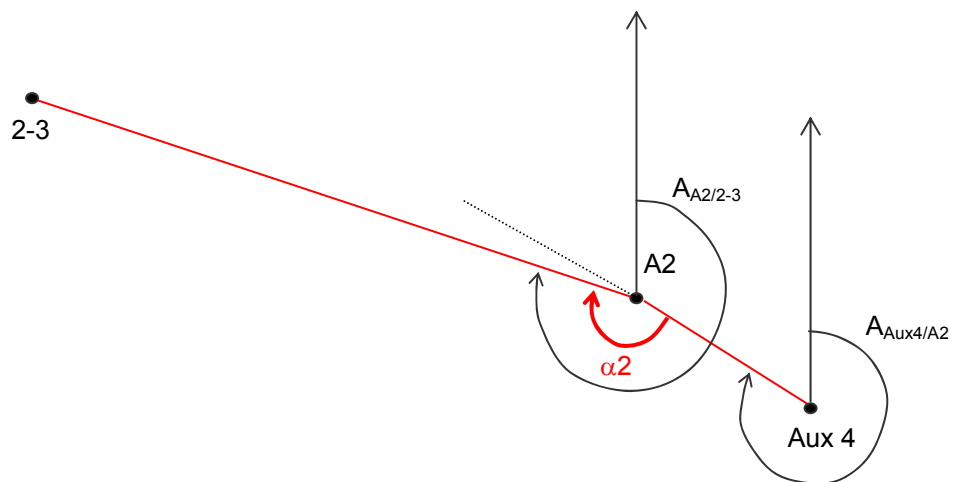
$$\alpha = 25^{\circ}11'56,1''$$

$$A_{2-3/A2} = 115^{\circ}11'56,1''$$

$$\alpha_1 = 115^{\circ}11'56,1'' - 96^{\circ}44'26,3'' + 180^{\circ}$$

$$\alpha_1 = 198^{\circ}27'29,8''$$

Calculando  $\alpha_2$



$$A_{A2-2-3} = A_{Aux4} + \alpha_2 - 180^{\circ}$$

$$\alpha_2 = A_{A2/2-3} - A_{Aux4} + 180^{\circ}$$

Calculando o azimute  $A_{Aux4/A2}$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\Delta x}{\Delta y} = \frac{X_{Aux4} - X_{A2}}{Y_{Aux4} - Y_{A2}}$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{10,443}{-5,507}$$

$$\beta = 62^{\circ}11'44,1''$$

$$A_{Aux4/A2} = 360^{\circ} - \beta$$

$$A_{Aux4/A2} = 297^{\circ}48'15,9''$$



$$\text{Azimute } A_{2/2-3}$$

$$\text{tg}\beta = \frac{\Delta X}{\Delta Y} = \frac{X_{A2} - X_{2-3}}{Y_{A2} - Y_{2-3}}$$

$$\text{tg}\beta = \frac{158,135}{-74,409}$$

$$\text{tg}\beta = 64^{\circ}48'03,9''$$

$$A_{A2/2-3} = 360^{\circ} - \beta$$

$$A_{A2/2-3} = 295^{\circ}11'56,1''$$

$$\alpha_2 = 295^{\circ}11'56,1'' - 297^{\circ}48'15,9'' + 180^{\circ}$$

$$\alpha_2 = 177^{\circ}23'40,2''$$

D) Cálculo da altura de escavação do poço

$$h_{esc} = H_{pq} - [(H_{2-3} + H_{A2}) / 2] + 2m + 2m - 10m$$

$$h_{esc} = 1673.003 - \left[ \frac{1660,448 + 1660,446}{2} \right] + 2 + 2 - 10$$

$$h_{esc} = 6,556m$$

---

## 9 - BIBLIOGRAFIA

AGUIRREZ, P. Notas de Aula da disciplina de Levantamentos. Curso de Engenharia Cartográfica, Universidade Federal do Paraná. 2000.

GIROSCÓPIO. Disponível em: <<http://geocities.yahoo.com.br/saladefisica5/leituras/giroscoPIO.htm>> Acesso em: 12 jun.2003.

HISTORY MAGAZINE. Navigation Before Netscape. Disponível em: <<http://www.history-magazine.com/navigation.html>>. Acesso em 24 set. 2004.

LOCH, C.; CORDINI, J. Topografia Contemporânea: planimetria. Florianópolis: Editora da UFSC.1995. 320p.

SHACKLEFORD, R. Underground Surveying. POB - Point of Beginning. Disponível em: <[http://www.pobonline.com/CDA.../BNP\\_Features\\_Item/0,2338,11829,00.html](http://www.pobonline.com/CDA.../BNP_Features_Item/0,2338,11829,00.html)>. Acesso 2000.

SCHWAB, S. H. S. Análise de Fourier em determinações com o Teodolito Giroscópio. Curitiba, 1994. 297p. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Curso de Pós Graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná.

WILD. WILD GAK1 Gyro attachment – Instructions for use. 38p.

**ANEXO 1 - EXTRATO DA PORTARIA N.º 143, DE 26 DE MAIO DE 2000, DO MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA, DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL**

**FONTE: BRASIL, MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, DNPM.** Disponível em:  
<[http://www.dnpm.gov.br/dnpm\\_legis/p0014300.html](http://www.dnpm.gov.br/dnpm_legis/p0014300.html)> Acesso em 22 set. 2004.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA  
DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL  
PORTARIA N.º 143, DE 26 DE MAIO DE 2000  
D.O.U. DE 30/05/2000

O DIRETOR-GERAL DO DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL, no uso das atribuições que lhe conferem os incisos XII e XV do artigo 19, do Regimento Interno do DNPM, aprovado pela Portaria n.º42, de 22 de fevereiro de 1995, do Ministro de Minas e Energia, tendo em vista o disposto no inciso III, do art. 3º, nos incisos V e XIII do art. 47, nos artigos 88 e 97, do Decreto-Lei n.º 227, de 28 de fevereiro de 1967; e incisos VI e VII do art. 3º da Lei 8.876, de 02 de maio de 1994 e no inciso IV, do art. 9º, da Lei n.º 7.805, de 18 de julho de 1989; e,

CONSIDERANDO a necessidade de expedição de Regulamentos necessários à aplicação do Código de Mineração, nas atividades de análise de projetos, controle e fiscalização da Lavra, Beneficiamento, Segurança, Higiene do Trabalho e Controle Ambiental na Mineração;

CONSIDERANDO a necessidade de otimizar os instrumentos para análise de projetos técnicos, com vista à outorga de Portarias de Lavra, fiscalização e outras atribuições institucionais do DNPM;

CONSIDERANDO o Texto Técnico Básico das Normas Regulamentares de Mineração elaborado pelo Grupo de Trabalho, instituído pela Portaria DG n.º 47. De 17 de fevereiro de 2.000, publicada no Boletim de Pessoal n.º 4, de 29 de fevereiro de 2.000;

CONSIDERANDO que, a adoção da política de disponibilizar o Texto Técnico Básico das propostas de Normas Regulamentares de Mineração para sugestões da sociedade, visa a maior participação possível de seus segmentos organizados; RESOLVE :

Art. 1º Determinar a disponibilização do texto técnico básico das Normas Regulamentares de Mineração - NRM na "Internet", no "site" [www.dnpm.gov.br](http://www.dnpm.gov.br) para análise e sugestões;

Art. 2º As sugestões deverão ser enviadas, no prazo de 30 (trinta) dias, contados da publicação desta Portaria no Diário Oficial da União para os seguintes endereços :

I - Por correio eletrônico :  
[nrm2000@dnpm.gov.br](mailto:nrm2000@dnpm.gov.br)

II -Por carta :  
Direção-Geral do DNPM  
DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL  
SAN Quadra 01 Bloco "B"  
CEP 70.040-200 Brasília DF

Art. 3º Esta Portaria entra em vigor na data de sua publicação.

JOÃO R. PIMENTEL

.....  
.....  
.....

## NRM-17 – Topografia de Minas

### 17.1 Trabalhos de Topografia

17.1.1 Todas as obras de mineração, no subsolo e na superfície, devem ser levantadas topograficamente e representadas em mapas e plantas adequadas.

17.1.2 Não é permitido iniciar quaisquer trabalhos de desenvolvimento de uma mina sem a participação de um responsável pela topografia, legalmente habilitado.

17.1.3 Para o levantamento topográfico das minas, as empresas de mineração devem basear-se preferencialmente em uma rede de triangulação com coordenadas em sistema UTM (Projeção Universal Transversa de Mercator). Caso não exista uma rede de triangulação UTM, os levantamentos topográficos devem basear-se em redes locais já adotadas em minas vizinhas. Levantamentos topográficos, elaboração de mapas, plantas e trabalhos correlatos devem respeitar as normas e instruções vigentes.

17.1.4 Todas as empresas são obrigadas a elaborar e a atualizar periodicamente e, em casos especiais, imediatamente, os mapas e as plantas topográficas das minas. Para fins de elaboração dos correspondentes mapas e plantas, todas as escavações subterrâneas e de superfície – como poços, planos inclinados, galerias, chaminés, áreas mineradas no subsolo e a céu aberto, áreas com movimentação de material, inclinação dos taludes, nível de água, acidentes geográficos, obras civis e construções na superfície – devem ser levantadas topograficamente.

17.1.5 As pessoas naturais ou jurídicas que exerçam a atividade mineira, por motivo de segurança e lavra racional, devem elaborar e atualizar os seguintes mapas e plantas:

- a) mapa geral de localização;
- b) mapas e plantas de superfície;
- c) plantas com os trabalhos de pesquisa e localização das reservas;
- d) plantas referentes às jazidas;
- e) plantas com representação das atividades nas minas;
- f) seção e projeções verticais e
- g) plantas especiais.

17.1.5.1 Em todas as plantas devem ser indicados os limites da concessão, o perímetro da mina e os limites das áreas em lavra.

17.1.6 A planta de superfície e a planta geral da mina devem ter a mesma escala.

17.1.7 Na elaboração das plantas deve utilizar-se, de preferência, os formatos padronizados.

17.1.8 Em cada mapa ou planta devem ser indicados:

- a) título do mapa ou planta;
- b) denominação da pessoa natural ou jurídica;
- c) denominação da mina, da área ou da concessão;
- d) rede de coordenadas UTM, base topográfica;
- e) escala numérica e gráfica do mapa ou planta;
- f) data da elaboração e as datas de atualização das plantas e
- g) o número de identificação ou de registro dos mapas e plantas no arquivo.

17.1.9 No caso de atividades mineiras dentro de uma faixa de 200,00 m (duzentos metros) do limite da concessão deve ser entregue ao(s) titular(es) da(s) concessão(ões) circunvizinha(s), uma planta que contenha as atividades mineiras desenvolvidas nessa área.

17.1.10 Os mapas e plantas devem ser apresentados aos órgãos fiscalizadores quando forem solicitados.

17.1.11 No mapa geral de localização devem ser indicadas as concessões na região, assim como as minas exauridas, em funcionamento e planejadas.

17.1.12 Nos mapas ou plantas devem ser localizados também:

- a) número de concessões;
- b) estradas ou vias de acesso;
- c) linhas férreas;
- d) instalações de beneficiamento;
- e) cais de embarque e
- f) oficinas das minas.

17.1.13 A planta de superfície, elaborada na mesma escala que a planta geral da mina, deve dar uma representação completa da topografia da superfície e indicar a posição correta das construções e instalações na superfície.

17.1.14 Na planta de superfície devem ser indicados:

- a) os limites das concessões;
- b) os pontos dos vértices das concessões;
- c) os perímetros das minas;
- d) os limites dos pilares de segurança na superfície;
- e) ângulos laterais dos pilares de segurança;
- f) pontos de amarração em rede de triangulação, estações e pontos topográficos, pontos de nível;
- g) cursos e acumulações de água;
- h) estradas;
- i) linhas férreas;
- j) instalações de transporte;
- l) linhas de alta e média tensão;
- m) construções na superfície;
- n) área para estocagem de estéril e rejeitos;
- o) pontos de acesso nas minas (poços, galerias de encostas, planos inclinados);
- p) condutos importantes de água, gás e outros e
- q) antigas minas a céu aberto.

17.1.15 As plantas e mapas da superfície devem ser atualizados pelo menos uma vez por ano.

17.1.16 Periodicamente, o responsável pela topografia da mina deve executar medição para verificar a verticalidade das torres dos poços e a horizontalidade dos eixos da polia dos cabos.

17.1.17 Cabe ao responsável pela topografia da mina, além de outras, as seguintes responsabilidades:

- a) Plotar com coordenadas, nas plantas da mina, os limites da concessão e o perímetro da mina;
- b) Colaborar com o responsável pela mina na delimitação dos pilares e da faixa de prevenção permanente, plotar os limites dos pilares nas plantas e, mediante levantamento, controlar os limites estabelecidos e
- c) Plotar, nos mapas, as zonas com risco de acumulação de água ou gases tóxicos e as faixas de segurança, alertando o responsável pela mina para que não sejam executados trabalhos de desenvolvimento e de lavra nestas zonas.

17.1.18 Cabe ao responsável pela topografia da mina informar ao responsável pela mina a possibilidade de ocorrência das seguintes situações:

- a) Desrespeito aos limites dos pilares de segurança projetados no plano de lavra e já aprovados pelo DNPM;
- b) Danos resultantes de atividade mineira no âmbito de sua responsabilidade e
- c) Ultrapassagem dos limites da concessão.

17.1.19 Antes da paralisação de uma mina o levantamento topográfico deve ser concluído e todas as plantas e seções devem ser completadas e atualizadas.

---

17.1.20 Todas as documentações topográficas sobre a mina paralisada, tais como:

- a) cadernetas de campo;
- b) registros de cálculos e
- c) mapas, plantas e seções, devem ser conservadas em local adequado.

17.1.21 Um exemplar de todas as plantas e seções atualizadas deve ser entregue ao DNPM.

-----  
-----  
-----

## Seqüência das aulas

- Introdução
- Métodos empregados
- Aplicações
- Levantamento Topográfico na superfície e no subsolo
- Questões Particulares
- Materialização dos pontos
- Projeções do desenho
- Levantamento de Galerias
  - bússola (antigo)
  - teodolito/ estação total
  - trena como linha de referência
  
- Fórmulas para o cálculo do desnível entre dois pontos
  - teto - teto
  - chão - teto
  - teto- chão
- Nivelamento Geométrico
- Exercício (para fazer em sala de aula)
- Ligação com o exterior
  - planimetria
    - bússola
    - giroscópio
    - teodolito/trena
      - galeria
      - dois prumos por um poço
      - dois poços
      - dois prumos alinhados
  - altimetria
- Exercício de comunicação de galerias



**ANEXO 02****FOTOS DE LEVANTAMENTOS SUBTERRÂNEOS**

Fotos da Visita Técnica dos alunos do Curso de Engenharia Cartográfica realizada na Carbonífera Metropolitana, localizada em Santa Catarina.