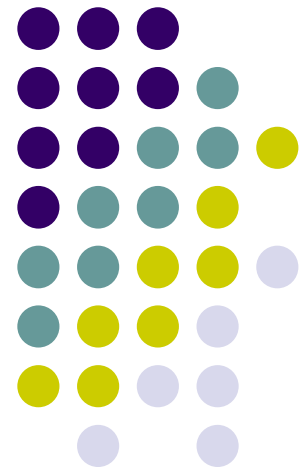


CARTOGRAFIA

RELEVO

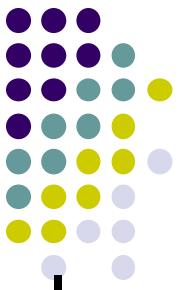
Curvas de nível, nivelamento e cálculo de volumes

Manaus, 2017



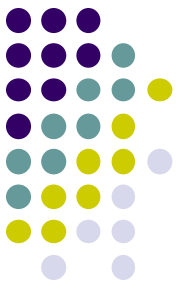
ANTONIO ESTANISLAU SANCHES
Engenheiro Cartógrafo

Relevo / Curvas de nível



- Entende-se por **RELEVO** a distância vertical entre o ponto mais alto e mais baixo de uma região, assim como suas características. Quando falamos em termos de superfície da Terra, chamamos o relevo de “sua topografia”.
- Entende-se por **CURVAS DE NÍVEL** a técnica usual de representação do relevo sobre um plano horizontal (planta topográfica)

Formas do Relevo



- A superfície do **Planeta Terra** se constitui de várias formas “esculpidas pela natureza” através de milhares de anos.
- São resultados de **PROCESSOS NATURAIS** que combinam processos **INTERNOS** (*vulcanismo, terremotos etc*) com processos **EXTERNOS** (*ação dos ventos, chuva, frio, calor*) e **AÇÃO HUMANA** (*aglomerados urbanos, barragens, pontes, etc*).

Formas naturais do relevo



- **Formas simples:** elevações e depressões

Nas elevações tem-se:

- Cume, Tergo ou Dorso (*superfície no alto*) e divisor de águas (*linha do alto até embaixo, passando pelas cumeeiras, limitando bacias e/ou sub-bacias hidrográficas*)

Nas depressões tem-se:

- Vale (*superfície nos baixios entre as elevações*) e talvegue (*linha do alto até embaixo, passando pelos canais de drenagem*). Entre os cumes e os vales tem-se as encostas (*superfícies com declividades variadas*)

Formas compostas:

⇒ sucessão de elevações e depressões, organizadas em **bacias hidrográficas**...compostas de cumes, encostas e vales...

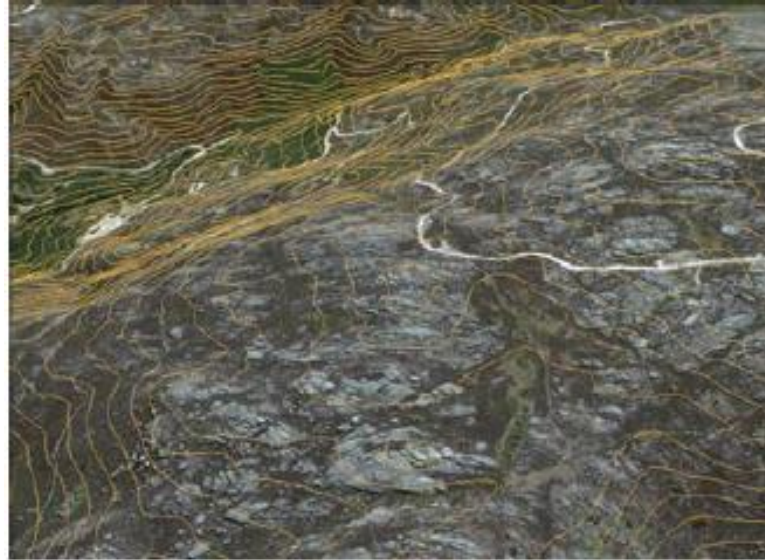
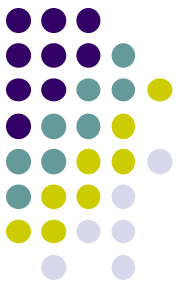
⇒ Caracterizadas por **paisagens** onduladas/acidentadas, planaltos e planícies...

Representação do relevo



Imagem do Google Earth com as curvas de nível sobrepostas.

Representação do relevo



Declive Suave. Fonte da Imagem Base: Google Earth.



Curvas de Nível Mestras e Intermédias:



Declive Acentuado. Fonte da Imagem Base: Google Earth.

Representação do relevo

ELEVAÇÃO



Representação da Elevação. Fonte da Imagem Base: Google Earth.



Representação da Elevação na Carta Topográfica. Mapa: Carta Militar do IGeoE.

Representação do relevo



Representação da Depressão. Fonte da Imagem Base: Google Earth.

DEPRESSÃO



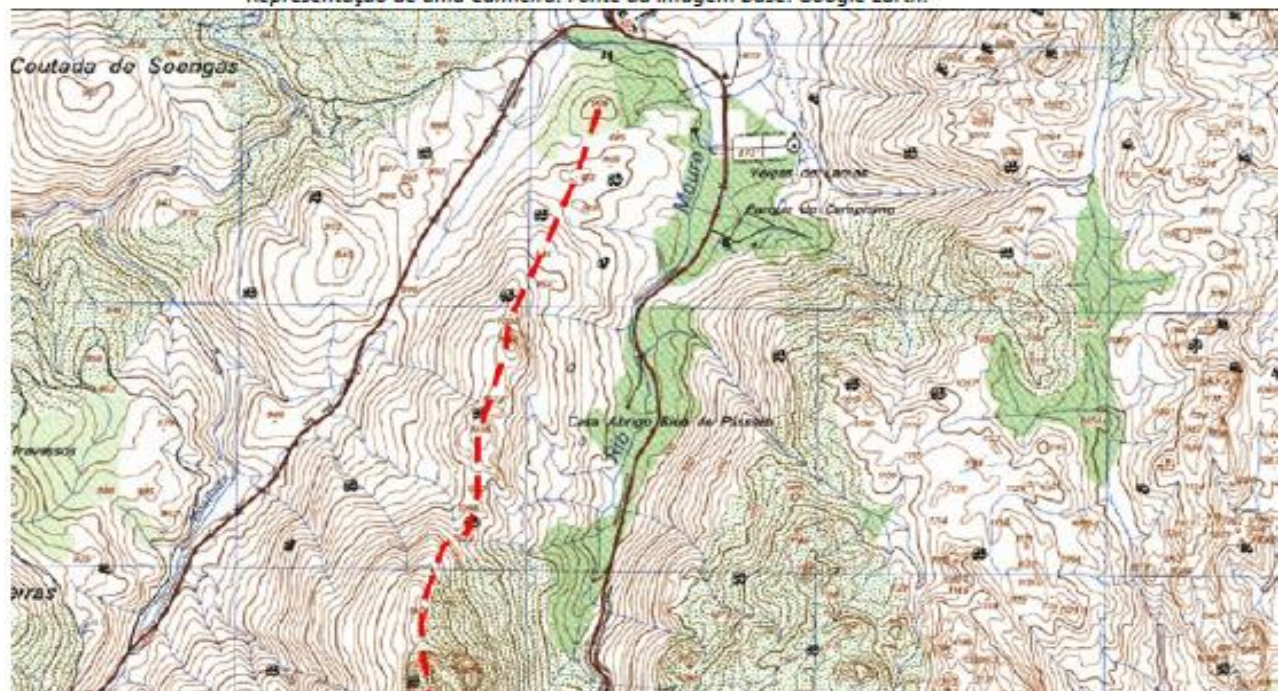
Representação da Depressão na Carta Topográfica. Mapa: IGN España 2009.

Representação do relevo

CUMIEIRA



Representação de uma Cumieira. Fonte da Imagem Base: Google Earth.



Representação de uma Cumieira na Carta Topográfica. Mapa: Carta Militar do IGeoE.

Representação do relevo



COLO ao longo de cumieira

Representação de um Colo. Fonte da imagem Base: Google Earth.



Representação de um Colo na Carta Topográfica. Mapa: IGN España 2009 .

Representação do relevo

ESPORÃO ao longo de cumieira



- Representação de um Esporão. Fonte da imagem Base: Google Earth. -



- Representação de um Esporão na Carta Topográfica. Mapa: Carta Militar do IGeoE. I

Representação do relevo



Representação de um Vale. Fonte da Imagem Base: Google Earth, ELABORAÇÃO PRÓPRIA

VALE



- Representação de um Vale na Carta Topográfica. Mapa: Carta Militar do IGeoE. ELABORAÇÃO PRÓPRIA

Representação do relevo



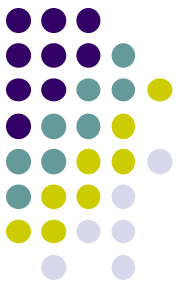
Representação de uma Ravina. Fonte da Imagem Base: Google Earth. ELABORAÇÃO PRÓPRIA

RAVINAS

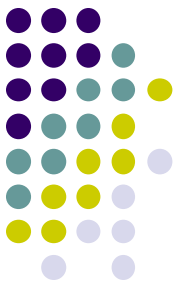


Representação de uma Ravina na Carta Topográfica. Mapa: Carta Militar do IGeoE. ELABORAÇÃO PRÓPRIA

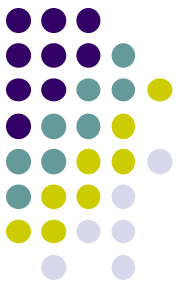
Relevo composto...ondulado



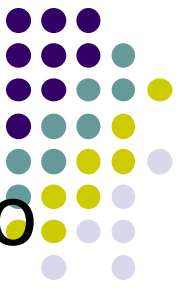
Planície...



Planalto...



Formas construídas....



Além dos processos naturais, tem-se a ação do homem que resulta em **PROCESSOS ANTRÓPICOS** de modelagem do relevo.

- Tipos:
 - movimentos de terra (*cortes e aterros*) e
 - construções (*pavimentos, arrimos, canais, edificações*)
- Características: são pontuais e acelerados.

Representação do relevo por curvas



- “Curvas **ISONOMÉTRICAS**” é a técnica usual de representação do relevo sobre plantas topográficas.
- Curvas de nível representam as alturas (*valores altimétricos*) das elevações e depressões do terreno.

O **plano de origem** (*PHR = plano horizontal de referência*) com o qual comparamos as **curvas** nos permite estabelecer valores de:

altitudes (*origem = **Geóide***) ou

- **cotas** (*origem = **plano horizontal arbitrário***).

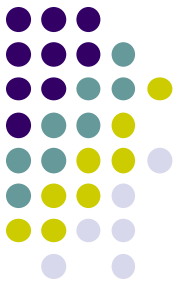
Curvas de nível altimétricas



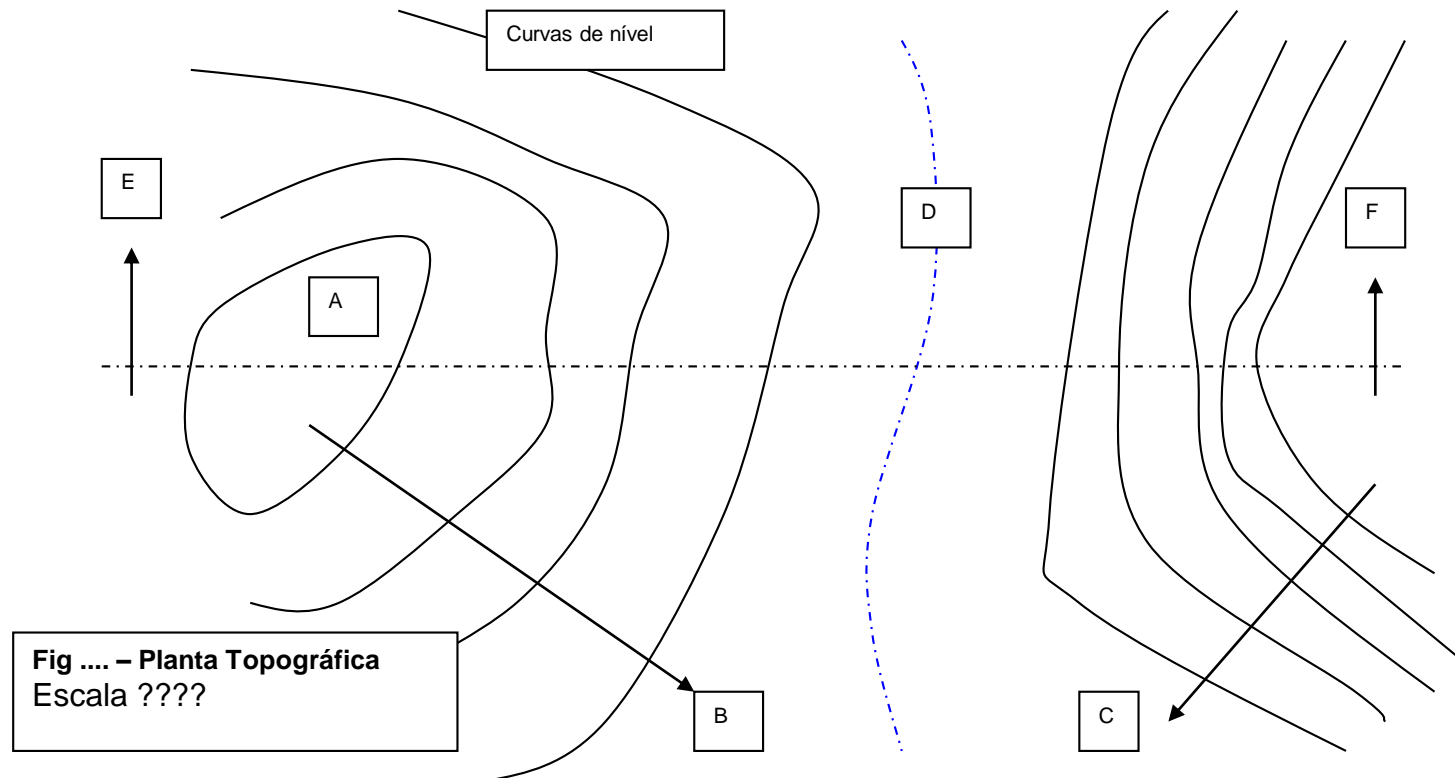
As curvas são linhas sinuosas que unem pontos de mesmo nível (*altitude ou cota*), equidistantes e de valores inteiros.

- Representam a intersecção de planos horizontais com a superfície do terreno.
- A distância vertical constante (*mesma altura*) entre as curvas de nível recebe o nome de **equidistância das curvas de nível**.
- As altitudes ou cotas das curvas correspondem a um **número inteiro**, contados a partir de zero e múltiplos do valor da equidistância adotada para uma determinada planta topográfica.
- O valor da equidistância das curvas é definida em função da escala da planta topográfica, da complexidade do relevo e da finalidade da planta.

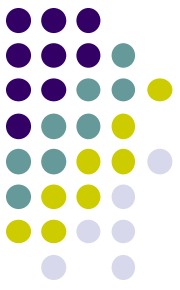
A representação do relevo sobre plantas topográficas é...



... feita por **curvas de nível altimétrico.**

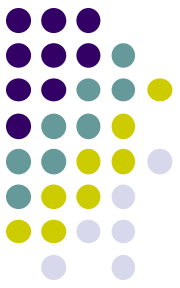


Traçado de curvas de nível

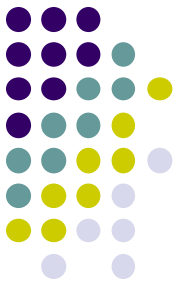


- As curvas são traçadas a partir de **pontos topográficos altimétricos**, criteriosamente levantados em campo, normalmente sobre seções retas (*irradiações*).
- Os pontos altimétricos devem ser aqueles onde o terreno apresenta uma mudança acentuada de inclinação em relação a suas proximidades (*pontos notáveis*).
- ...unindo-se consecutivamente dois pontos notáveis por uma linha reta, tem-se uma boa aproximação do **perfil do terreno**.

Pontos notáveis perfil topográfico



Perfil topográfico



Perfil = corte vertical....

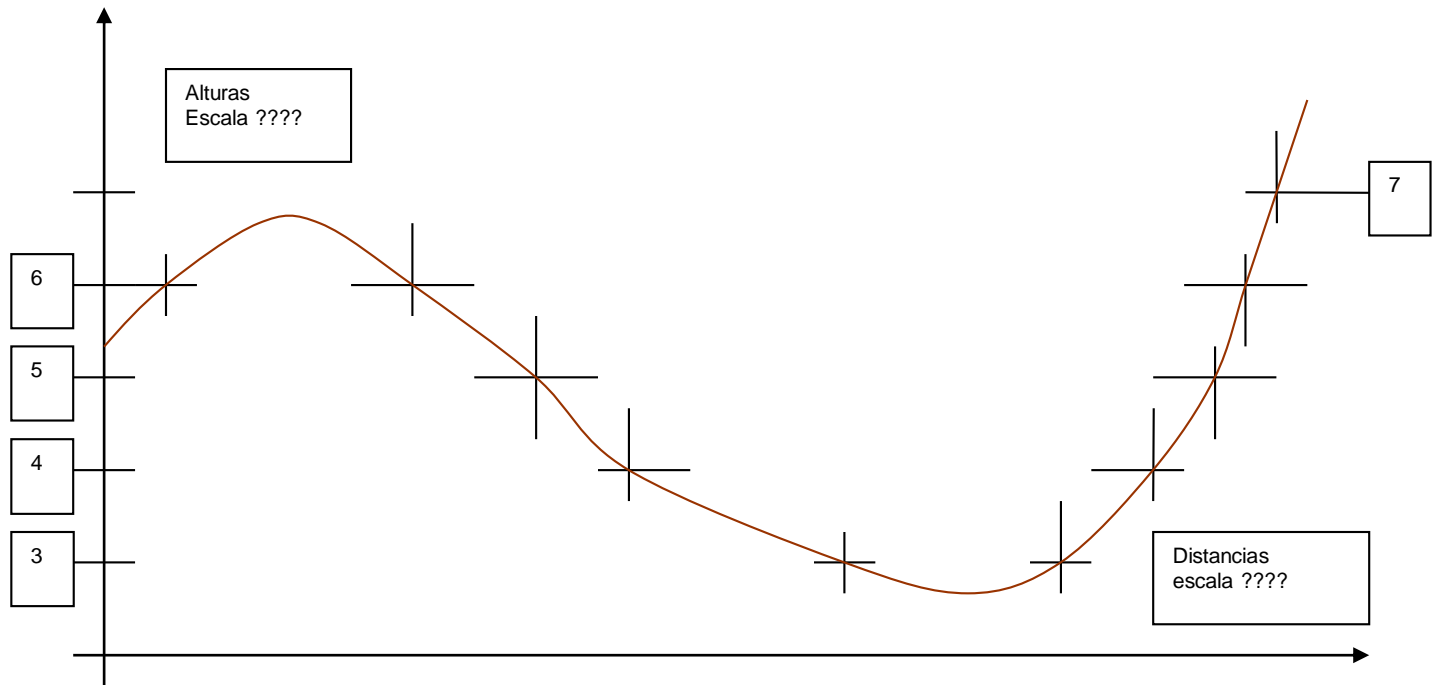
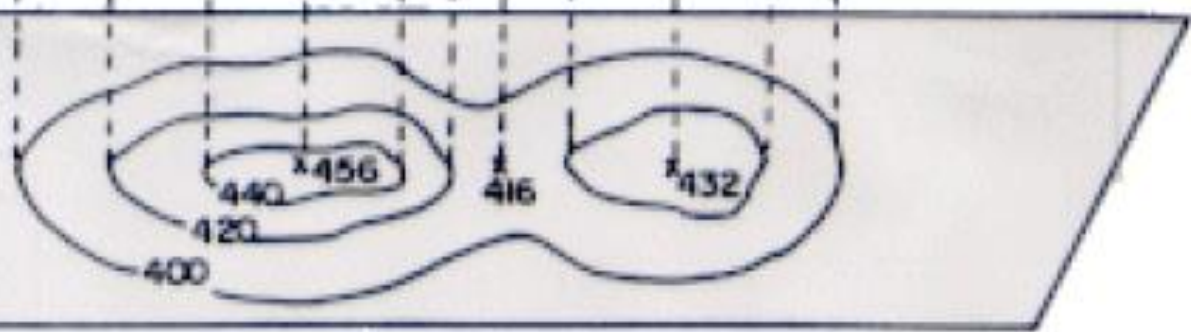
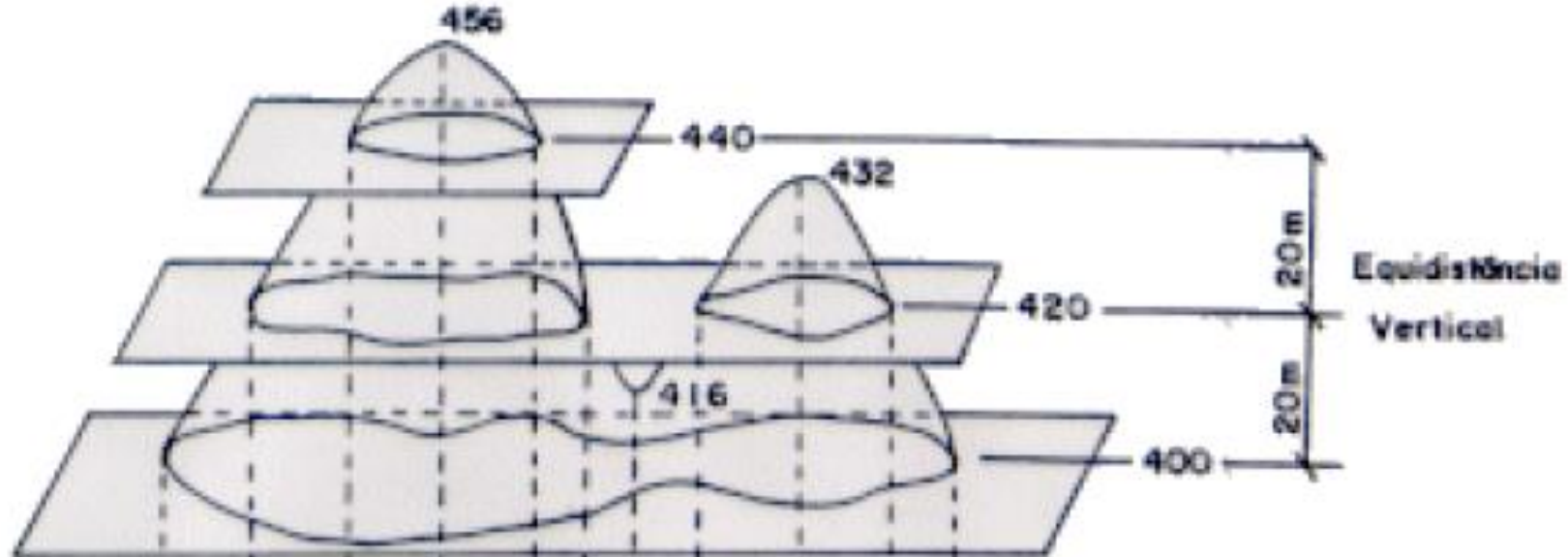


Fig... - Perfil Topográfico E-F / opção I

Perfil topográfico



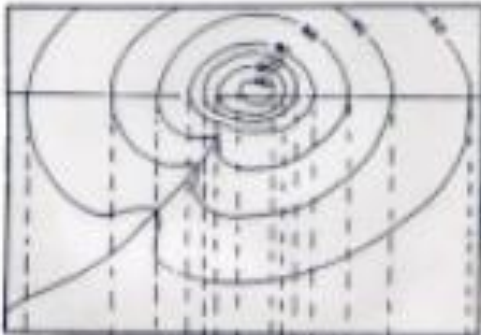
Curvas de Nível

Perfil topográfico



VISTA ORTOGONA

Um pendente escarpado até o cu
m, e mais suave até a base é
um pendente côncavo.



VISTA DA CARTA

Obs: Nota que as curvas de ní-
vel estão mais juntas na
parte abrupta do declive e
mais separadas na parte
suave.

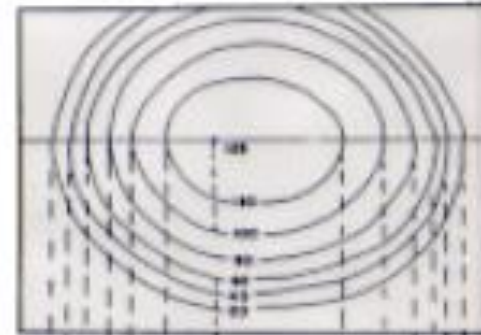


VISTA DE PERFIL



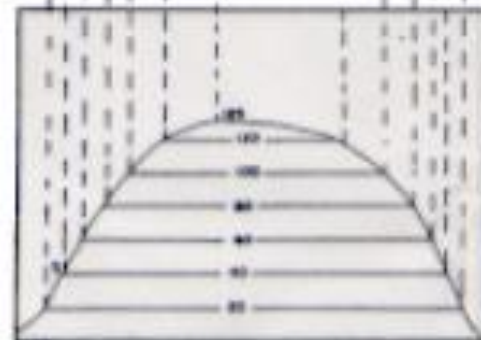
VISTA ORTOGONA

Um pendente suave até a base é
um pendente convexo.



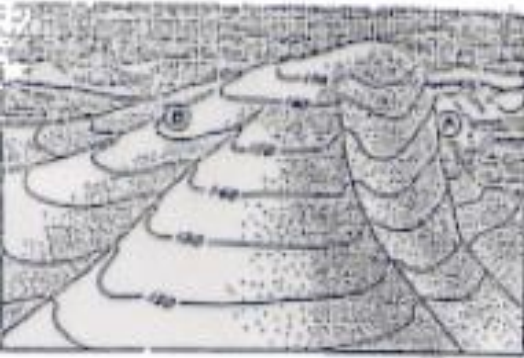
VISTA DA CARTA

As curvas de nível estão mais te-
padas na parte suave, e mais
juntas na parte mais inclinada
do declive.



VISTA DE PERFIL

Perfil topográfico



VISTA OBLÍQUA

As curvas de nível com espaços pequenos entre si indicam uma pendente escarpada.



f) As curvas de nível formam um "M" acima das confluências fluviais.

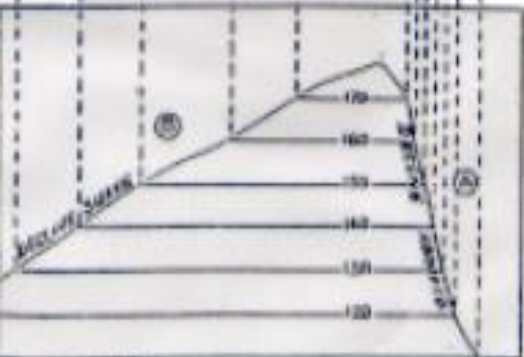


VISTA DA CURVA

As curvas de nível com espaços largos entre si indicam um declive suave.



g) Em geral, as curvas de nível formam um "U" nas elevações, cuja base aponta para o pé da elevação.

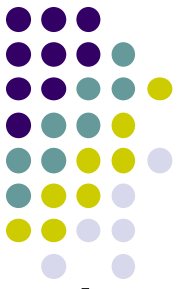


VISTA DE PERFIL

As curvas de nível com espaços iguais entre si indicam um declive uniforme.



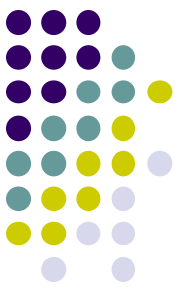
Processos de interpolação para traçar curvas.



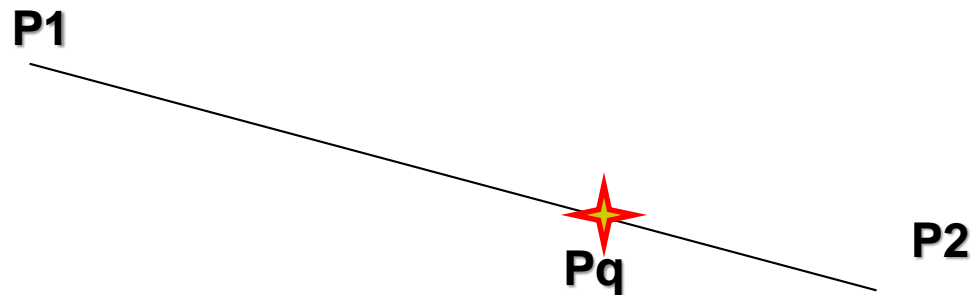
Com os dados altimétricos dos pontos notáveis levantados em campo, pode-se traçar as curvas de nível através de :

- i) processo gráfico do perfil topográfico
- ii) processo analítico de interpolação por regra de três

Interpolação, ou regra de três



- Técnica matemática para calcular o valor ou posição de um ponto qualquer (P_q) sobre uma reta de valores contínuos com dois polos (P_1 e P_2) de valores conhecidos.



Processo gráfico de interpolação



Processo de cálculo: é o que possui maior diversificação na maneira de execução. Com base no esquema apresentado na Figura 17, iremos determinar a cota do ponto *P*. Primeiro verificamos entre quais curvas de nível ele se acha contido. No caso específico encontra-se entre as cotas de 20 e 30 metros. Fazemos passar pelo ponto *P* uma linha perpendicular às duas curvas de nível (linha chamada de *normal AB*). Feito isto mediremos as distâncias *BP* e *AB*, de acordo com a escala da carta. Vamos supor que estas correspondem respectivamente a 60 e 173 metros. Sendo a equidistância indicada igual a 10 metros, vamos averiguar a diferença de nível entre os pontos *P* e *B*. Utilizando-nos da fórmula:

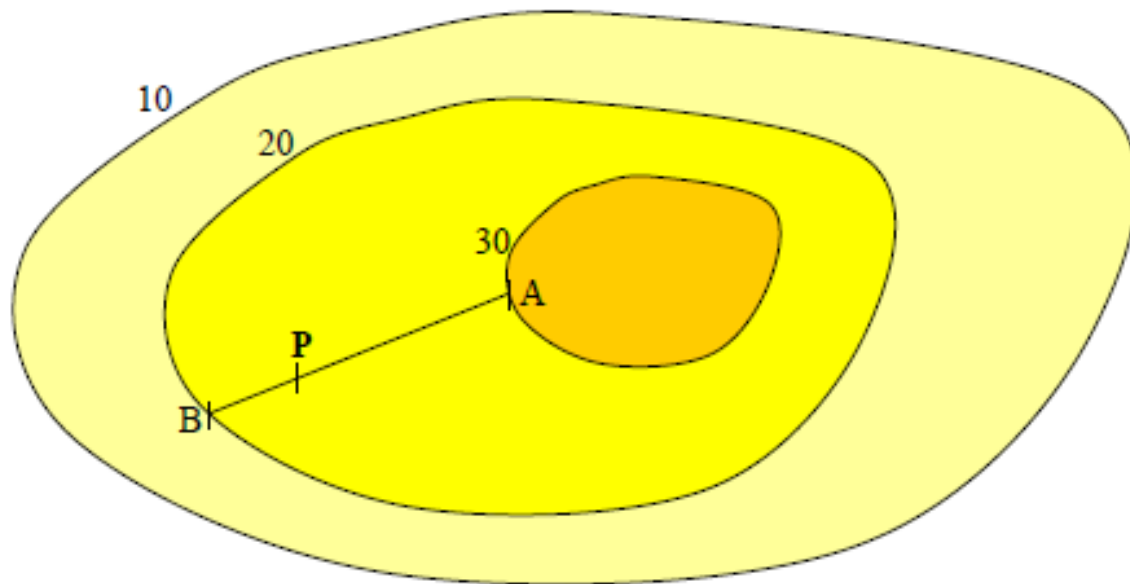


Figura 17. Esquema mostrando a cota *P* a ser calculada.

$$\text{Cota do ponto} = \frac{\text{Equidistância} \cdot \text{BP}}{\text{AB}} + \text{valor inicial da cota}$$

$$\text{Cota do ponto} = \frac{10 \cdot 60}{173} + 20$$

$$\text{Cota do ponto} = 23,4 \text{ metros}$$

Ou, utilizando o processo matemático, temos,

$$\frac{\text{Equidistância}}{x} = \frac{\text{AB}}{\text{BP}}$$

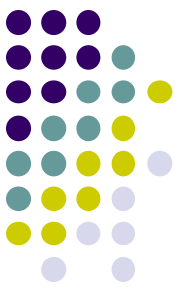
$$\frac{10 \text{ metros}}{x} = \frac{173 \text{ metros}}{60 \text{ metros}}$$

$$x = 3,4 \text{ metros}$$

Logo,

$$\text{Cota do ponto} = 20 + 3,4 = 23,4 \text{ metros}$$

Processo gráfico de interpolação



Processo gráfico: desenhamos o triângulo A e B (Figura 18), em uma escala escolhida, onde Aa corresponde à equidistância entre as curvas de nível, e Ba ao espaçamento entre elas. Medimos a distância gráfica do segmento Pp sobre Aa e traçamos uma paralela a Ba até encontrar o segmento Ba , determinado o ponto P . Baixamos uma perpendicular a P até o segmento Ba , e teremos o desnível entre B e P que, somando-se à cota do ponto B , permite encontrar a cota do ponto P .

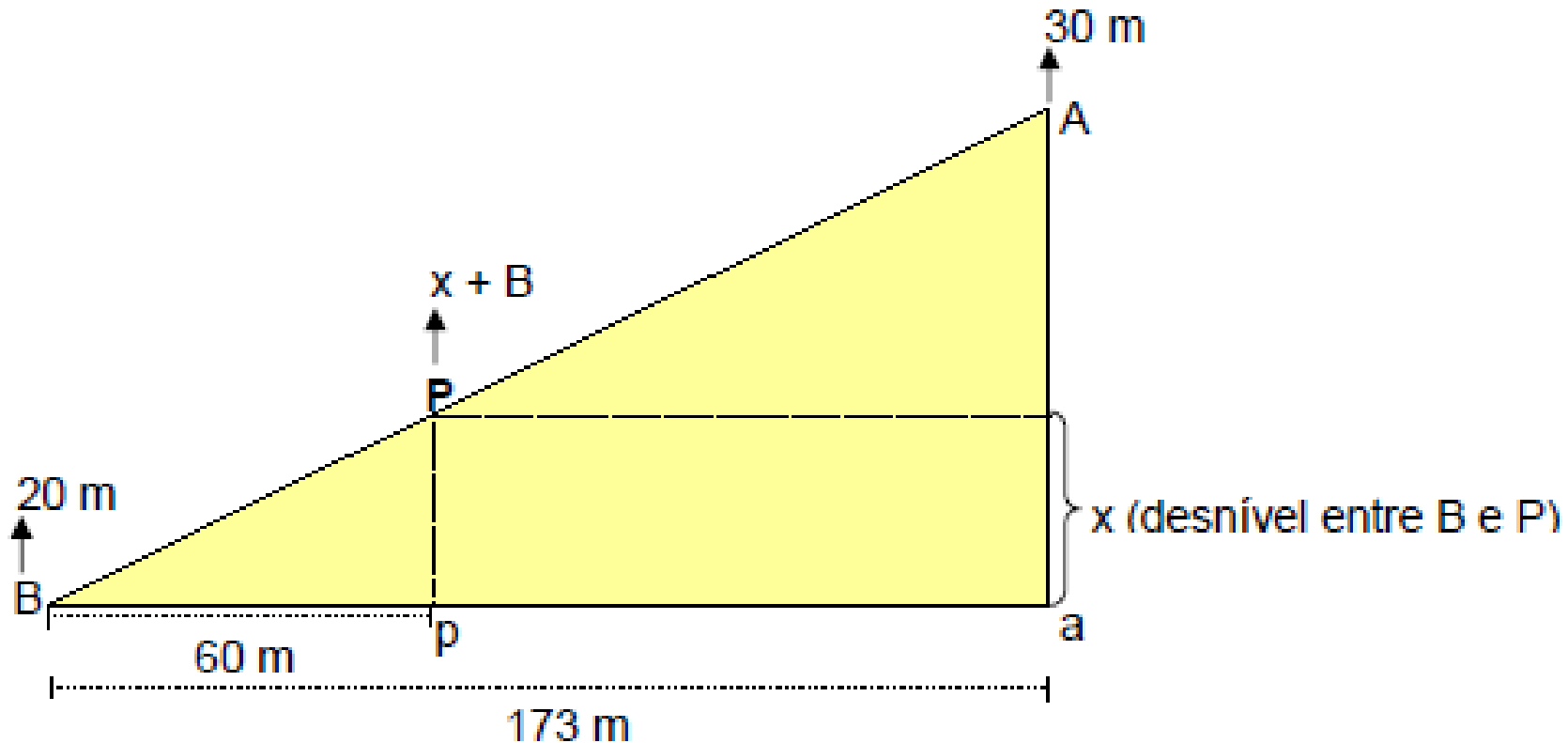


Figura 18. Representação do projeto gráfico.

Determinação da DECLIVIDADE



A declividade entre dois pontos em qualquer terreno é medida pela inclinação da reta que os une com um plano horizontal (Figura 19) e pode ser medida em graus, porcentagem e milésimos (ângulo cuja tangente é aproximadamente 1/1000), sendo este último pouco utilizado.

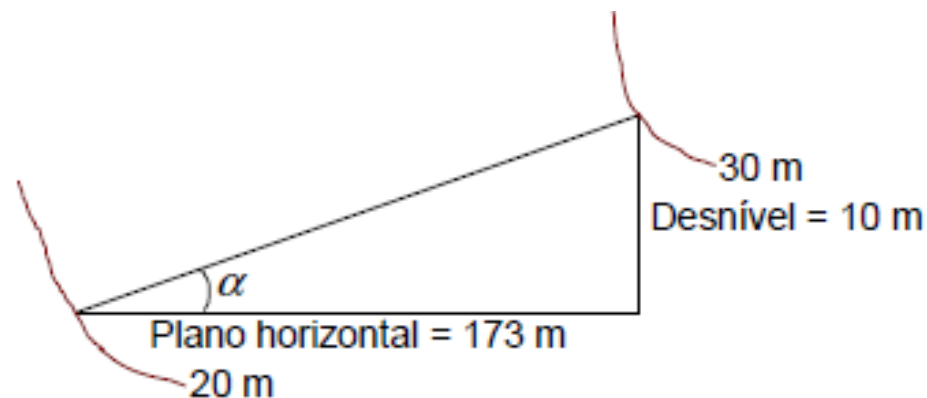
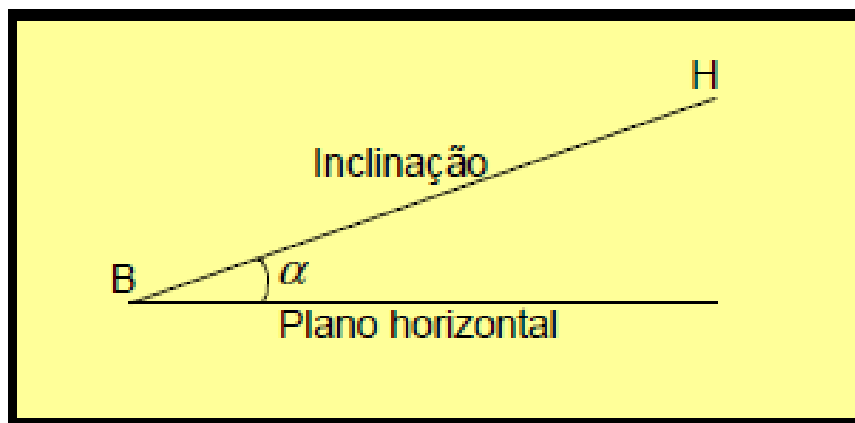


Figura 19. Esquema mostrando a declividade do terreno.

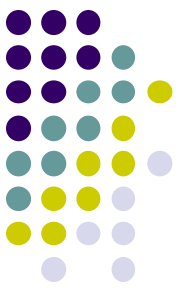
Para se calcular a declividade, utilizamos a seguinte equação:

$$\text{Declividade em porcentagem} = \frac{\text{Diferença de nível}}{\text{espaçamento}} 100$$

Logo,

$$\text{Declividade em porcentagem} = \frac{10}{173} 100 = 5,78 \%$$

Determinação da DECLIVIDADE



Declividade em graus:

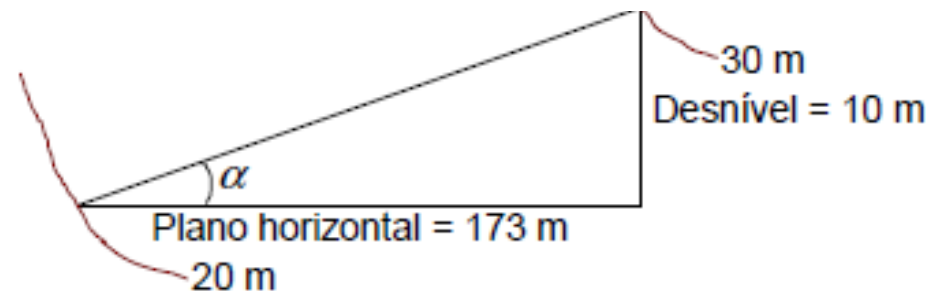
Quando utilizamos aparelhos topográficos (teodolito, prancheta com régua eclímetro, clinômetro) para fazer o levantamento de uma área qualquer, na maioria dos casos, trabalhamos com medidas angulares verticais, baseadas em graus.

O valor de um declive em graus é o ângulo formado pelo plano horizontal e a superfície inclinada do terreno.

Para determinarmos as declividades em graus necessitamos de um valor constante na fórmula. Este será o produto da transformação de um radiano ($57^{\circ} 17' 44''$) em segundos de graus ($206 264''$) que divididos por 360 graus resulta no valor 57,3.

Daí deveremos aplicar a seguinte equação:

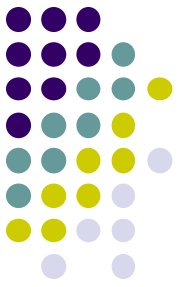
$$\text{Declividade em graus} = \frac{\text{Diferença de nível}}{\text{Distância horizontal}} 57,3$$



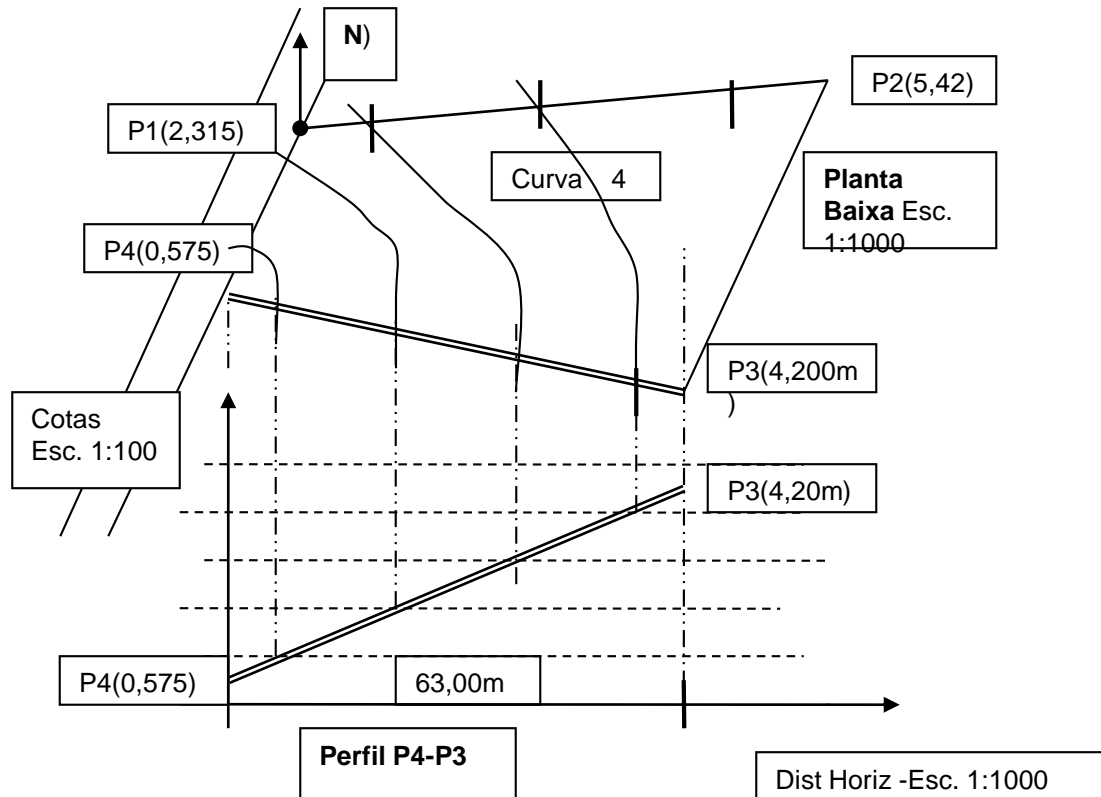
Logo, em nosso exemplo, temos,

$$\text{Declividade em graus} = \frac{10}{173} 57,3 = 3,31 \text{ graus}$$

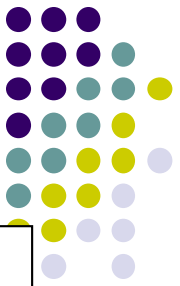
Processo gráfico de interpolação



Planta baixa e perfil topográficos (desenho técnico)



Processo analítico de interpolação



Regra de três (cálculos)

Sobre um esquema gráfico sem escala, **usar regra de três**, comparando os triângulos pequenos com o triângulo grande:

$$\bullet 63,00 / 3,625 = X1 / (1,0 - 0,575)$$

$$X1 = 0,425 \cdot 63,0 / 3,625 \therefore 7,44 \text{ m}$$

$$\bullet 63,00 / 3,625 = X4 / (4,20 - 4,0)$$

$$X4 = 0,20 \cdot 63,0 / 3,625 \therefore 3,47 \text{ m}$$

Entre o P_4 e P_3 , passam as curvas de valor 1, 2, 3 e 4.

$P_3(4,20)\text{m}$

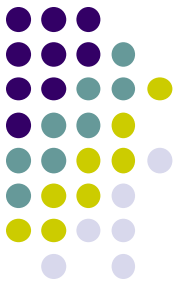
Diferença nível entre P_3 e $P_4 = 4,20 - 0,575 = 3,625 \text{ m}$

$$1,0 - 0,575 = 0,425$$

$P_4(0,575)$

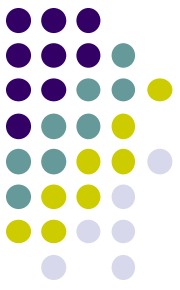
Dist Horiz entre P_4 e $P_3 = 63,00 \text{ m}$

Propriedades do traçado de curvas de nível



- a) formam linhas fechadas em torno das elevações e depressões, dentro ou fora dos limites do desenho;
- b) tendem a um certo paralelismo, não apresentando ângulos vivos nem curvas bruscas;
- c) são linhas contínuas e não se interrompem bruscamente;
- d) não se cruzam;
- e) não tangenciam a si mesmas;
- f) não se bifurcam;
- g) cortam perpendicularmente as linhas d'água;
- h) tendem a ser paralelas as linhas de fundo de vale.

Cálculo de cotas



Para calcular a **Cota P** = DH/DN assim como dh/dn , onde dn é a incógnita...

Onde :

- DH e dh são as distâncias horizontais (*totais e parciais*) obtidas por escalímetro sobre a planta topográfica.
- DN é a diferença de nível entre as curvas que ladeiam o ponto P obtidas por leitura das cotas na planta.

Observação: Para calcular a **Posição de um Ponto de cota conhecida** = usa-se a mesma regra de tres (DH / DN assim como dh/dn), só mudando a incógnita, que nesse caso é dh .

Cálculo de declividades



A declividade é a expressão da inclinação do terreno, dada pela relação entre a diferença de nível entre dois pontos e a distância horizontal que separa estes dois pontos.

Pode ser expressa de diversas maneiras:

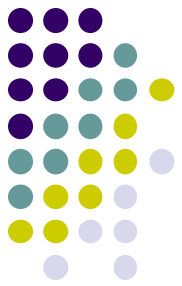
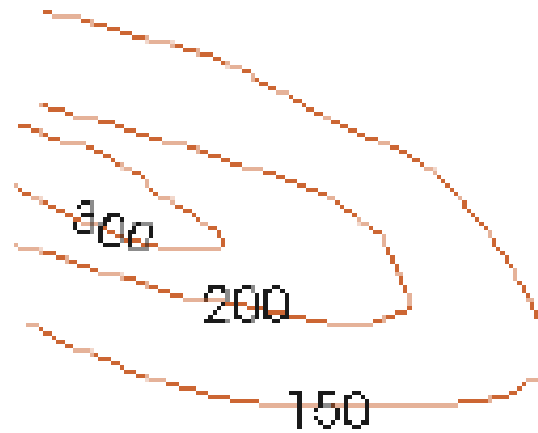
- valor do ângulo de inclinação (α);
- valor da tangente de α ;
- percentual (%).

Passos para determinar a declividade entre dois pontos:

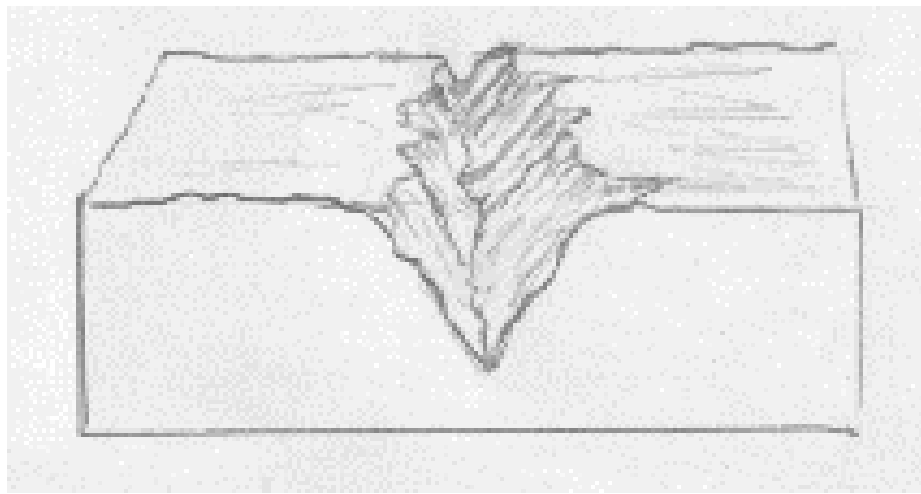
- determinar a cota dos dois pontos por interpolação (regra de três);
- determinar a diferença de nível entre os dois pontos (dn);
- determinar a distância horizontal entre os dois pontos (dh);
- calcular a declividade usando a fórmula \Rightarrow

$$\text{declividade} = dn/dh \times 100$$

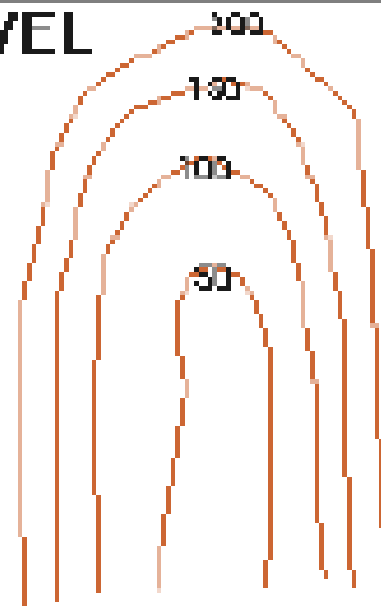
ESPIGÃO E AS CURVAS DE NÍVEL



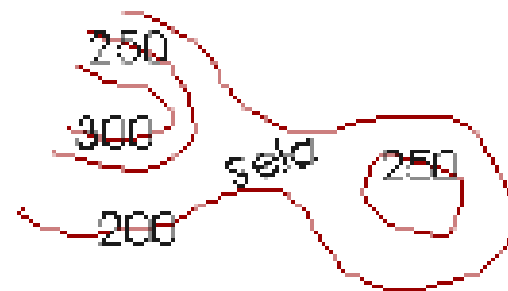
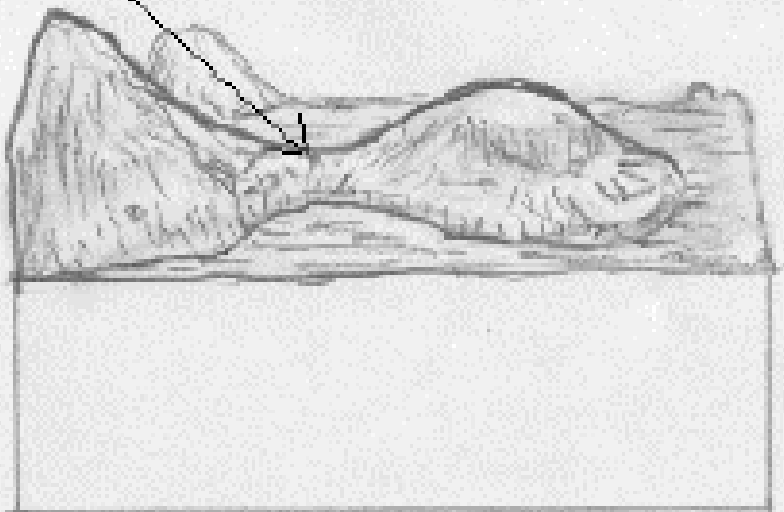
VALES EM "V" E AS CURVAS DE NÍVEL

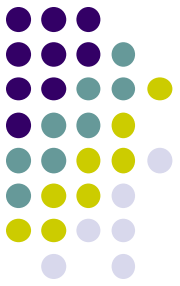


VALE EM "U" E AS CURVAS DE NÍVEL



SELA E AS CURVAS DE NÍVEL





FIM...