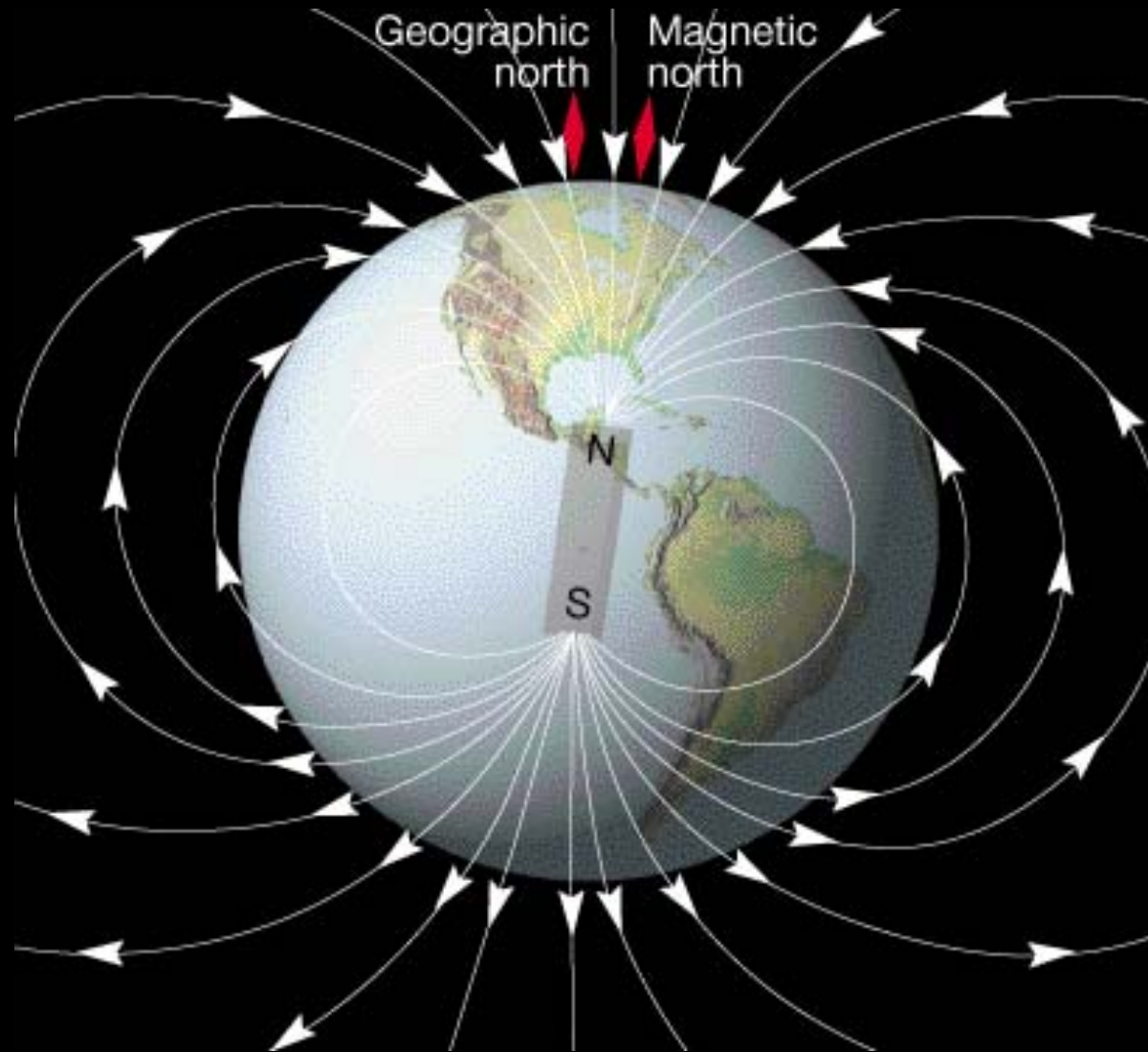


## O Campo Magnético da Terra:

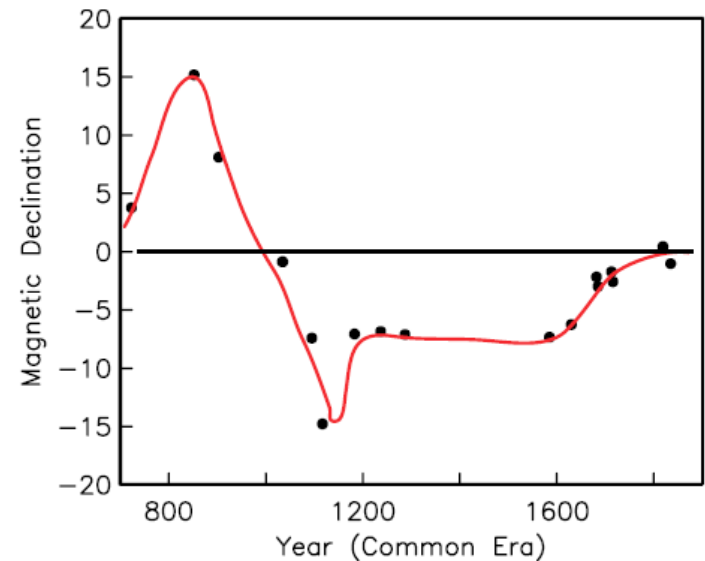
- predominantemente dipolar (90%)
- os pólos magnéticos e geográficos não coincidem ( $\sim 15^\circ$  de inclinação)



## *Histórico:*

Primeira bússola: século II AC, na China (colher que aponta para o sul)

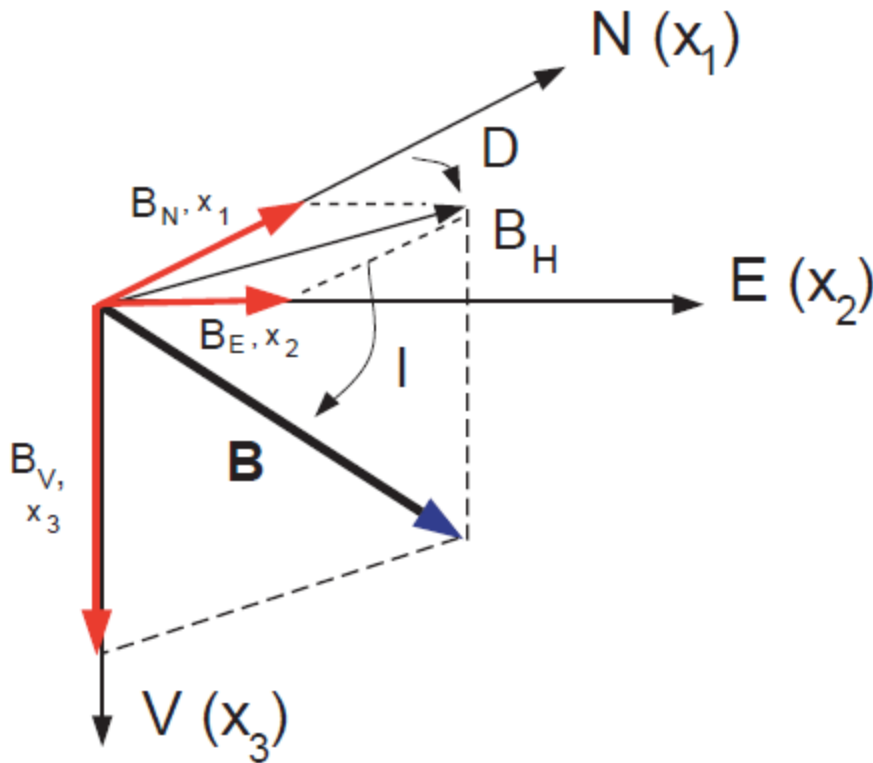
Variação do campo magnético: Yi-Ching (variação de declinação desde 750 DC)



Chegada da bússola no ocidente: século XII (Petrus Peregrinus)

Descoberta de variações no campo pelos europeus: 1634 DC !

# Os elementos do Campo Magnético Terrestre



O CMT é um vetor, que pode ser representado, em coordenadas cartesianas, a partir das componentes:

$X_1$ ,  $X_2$  e  $X_3$ , ou N, E, Vertical

$$B_{\text{tot}} = (X_1^2 + X_2^2 + X_3^2)^{1/2}$$

A dimensão e orientação do vetor CMT pode também ser representada por dois ângulos e um escalar:

**Declinação, Inclinação, Intensidade**

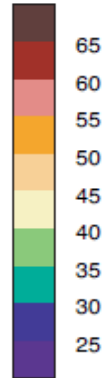
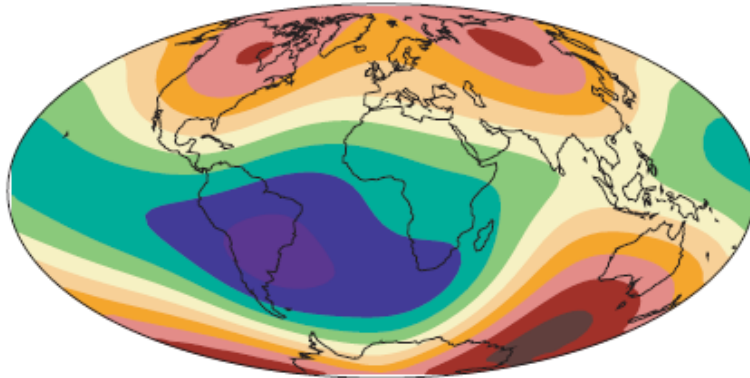
$$\text{Dec} = \tan^{-1}(X_1/X_2) = \tan^{-1}(N/E)$$

$$\text{Inc} = \text{sen}^{-1}(X_3/B_{\text{tot}})$$

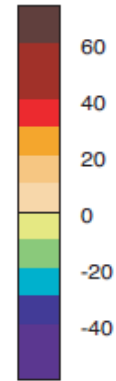
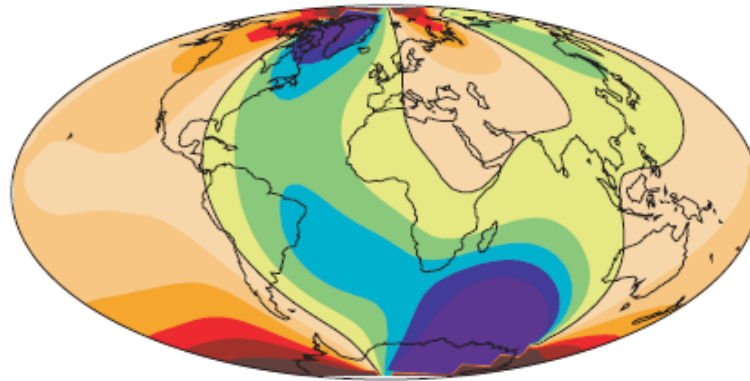
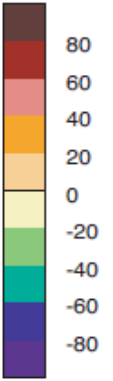
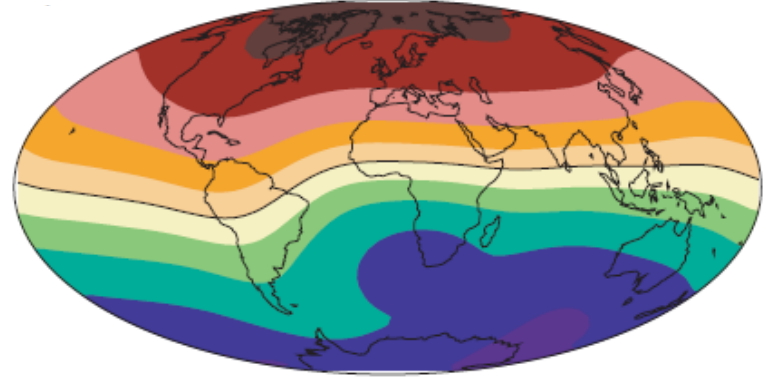
$$\text{Int} = B_{\text{tot}} = (X_1^2 + X_2^2 + X_3^2)^{1/2}$$

# IGRF 1995

## Intensidade ( $\mu\text{T}$ )



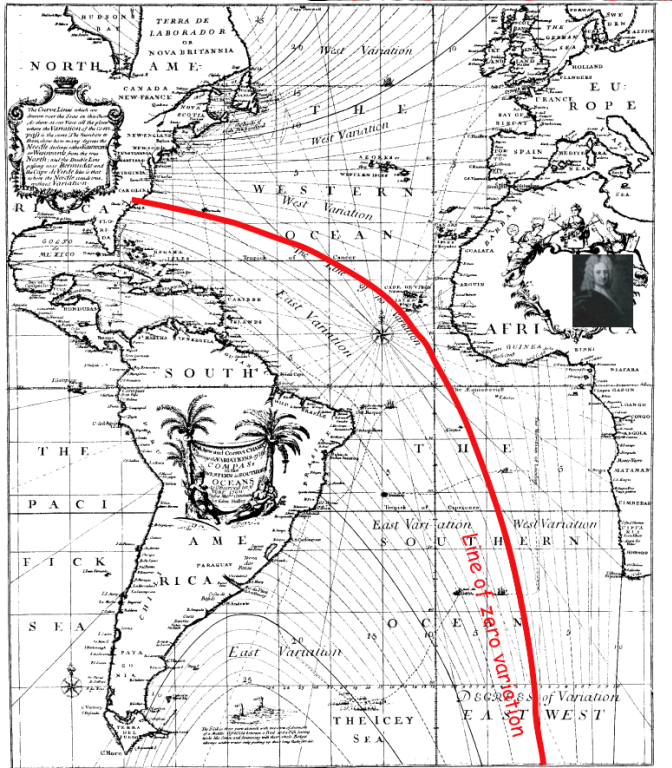
## Inclinação ( $^{\circ}$ )



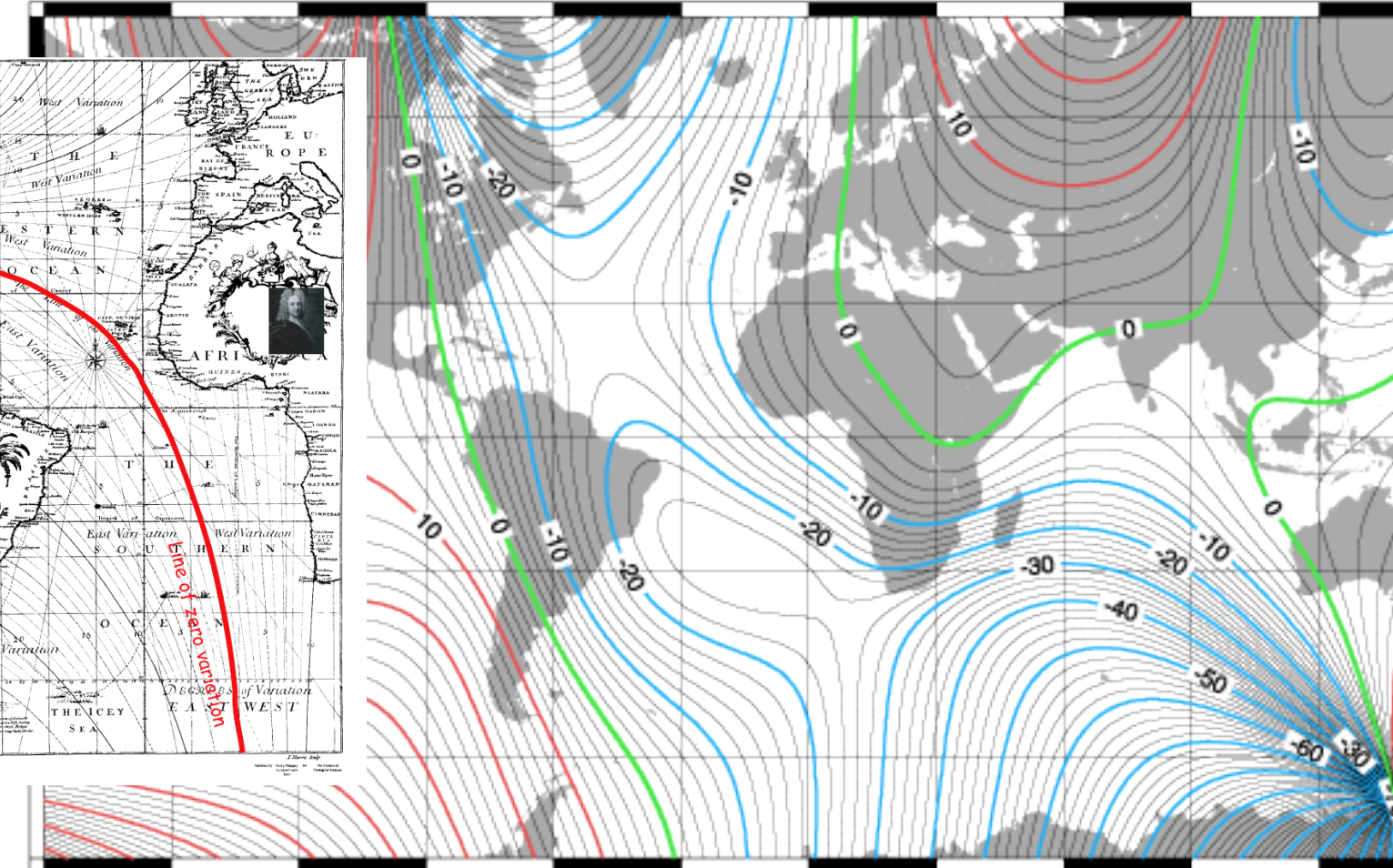
## Declinação ( $^{\circ}$ )

# Declinação do campo magnético terrestre

180° 210° 240° 270° 300° 330° 0° 30° 60° 90° 120°



Halley, 1702



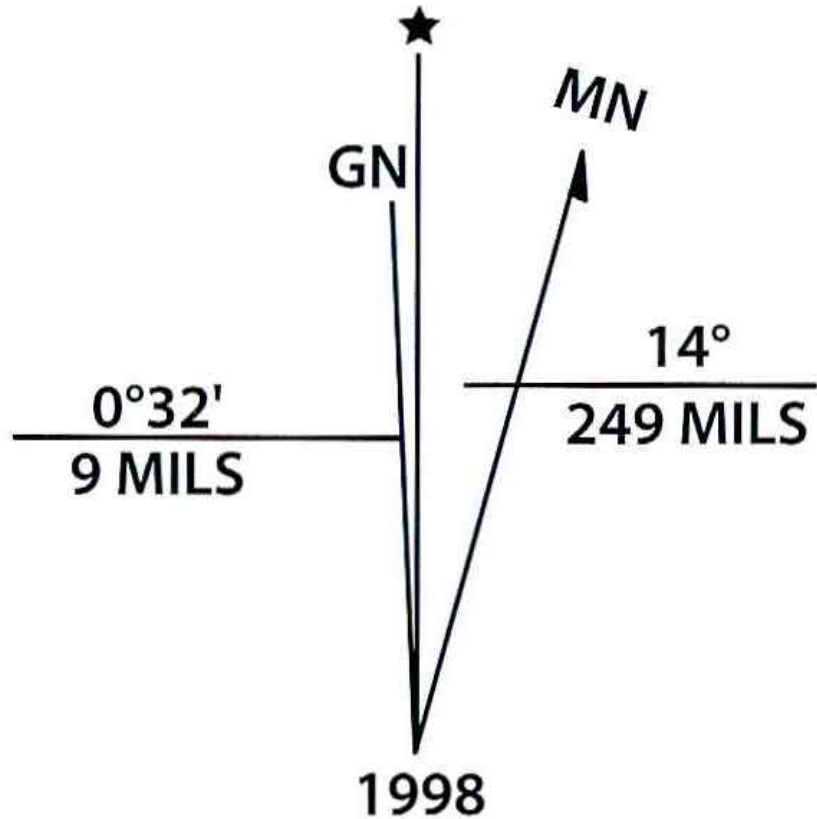
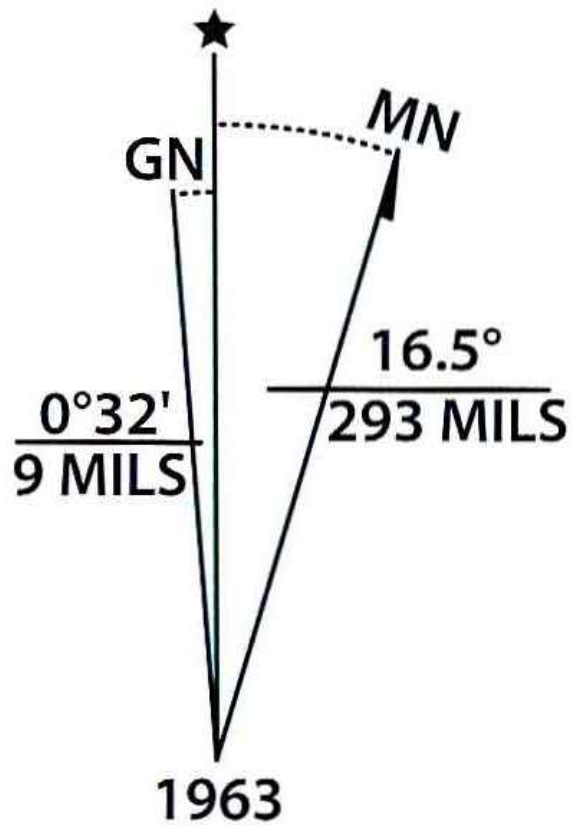
180° 210° 240° 270° 300° 330° 0° 30° 60° 90° 120°

IGRF, 2000

Units (Declination) : degrees

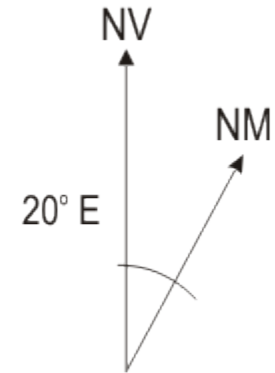
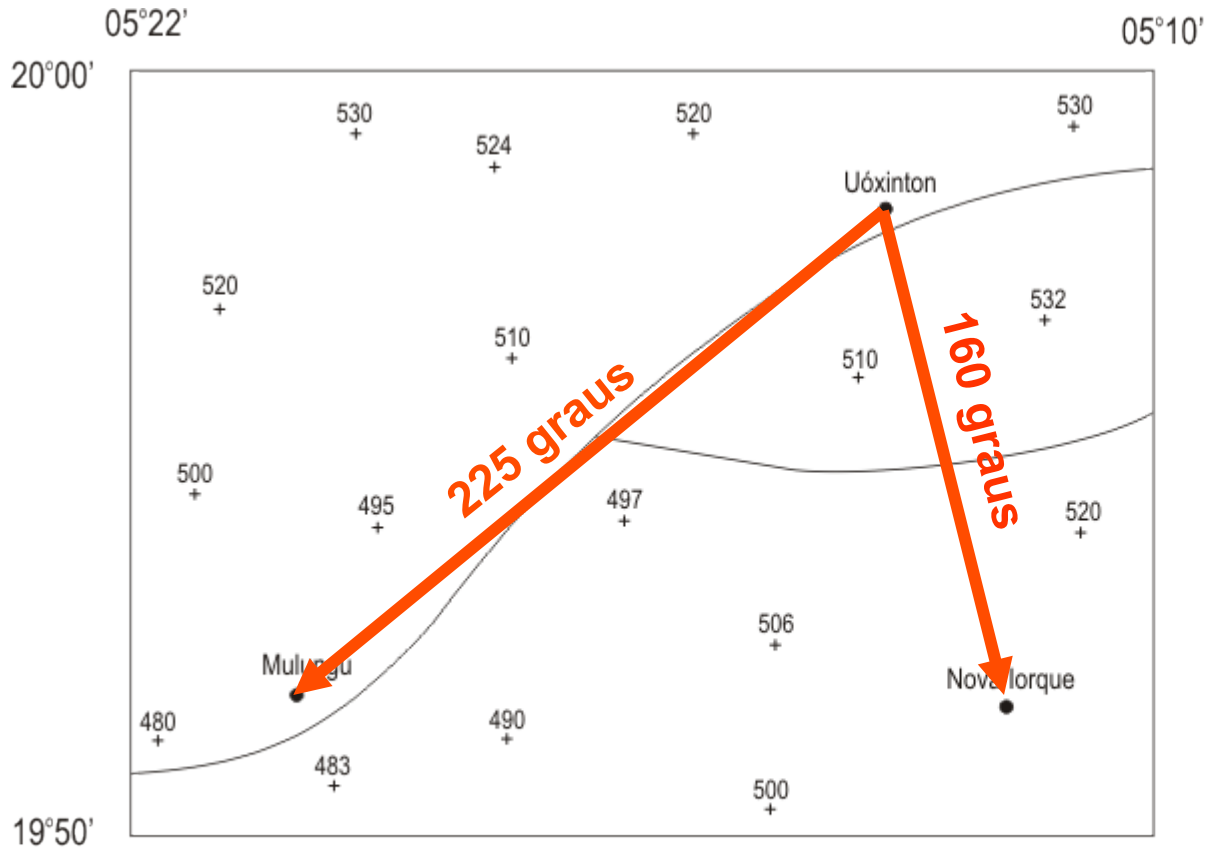
Contour Interval : 2 degrees

Map Projection : Mercator



*Magnetic declination for the Sugar House quadrangle (Salt Lake City area) in 1963 and 1998, showing a 2.5-degree decrease in magnetic declination over this time period. Since 1998, it has decreased an additional 1.5 degrees.*

# Exercício



Declinação obtida em 1974.  
Valor da declinação cresce 6' por ano.

Os azimutes entre Uóxinton-Nova Iorque e Uóxinton-Mulungu: U-NI = 160° Az  
U-M = 225° Az

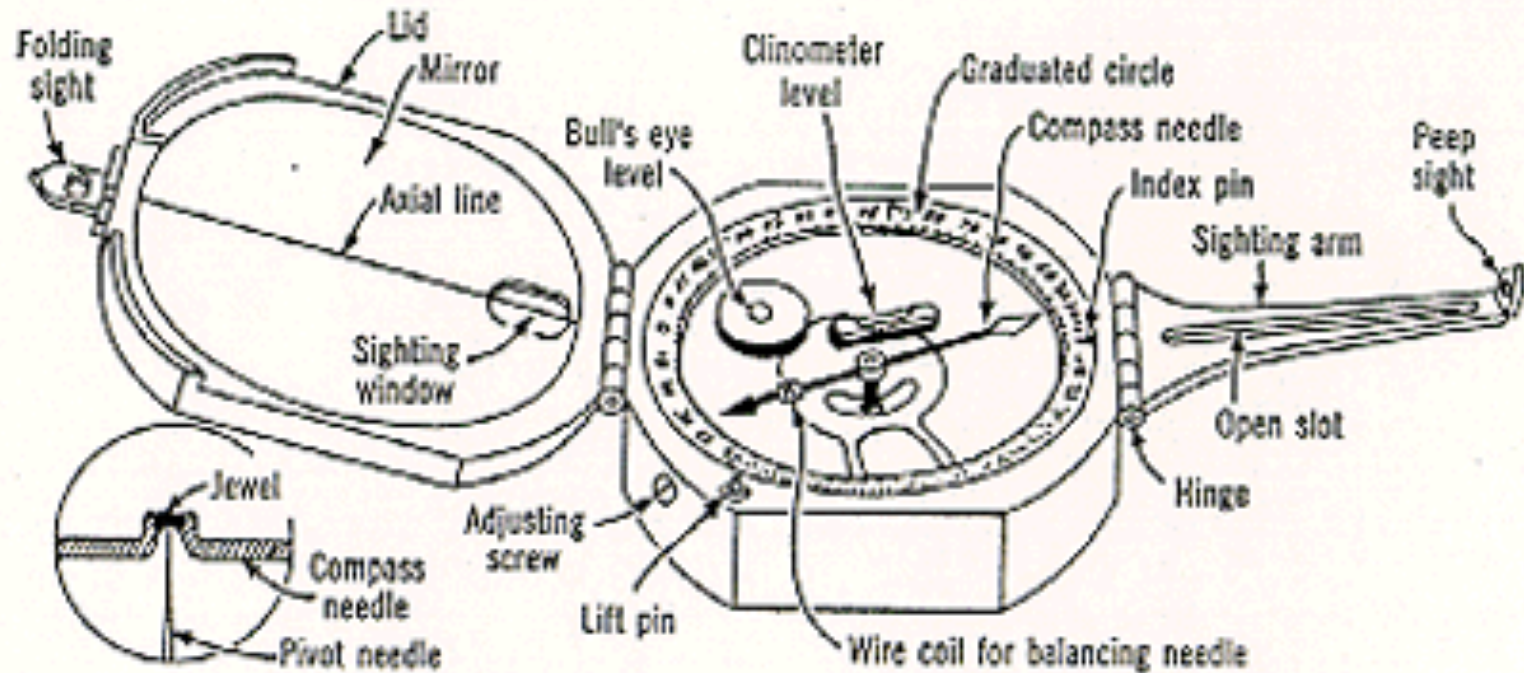
Quais seriam os azimutes destas 'visadas' se eles fossem lidos em uma bússola não declinada?

# A Bússola Brunton



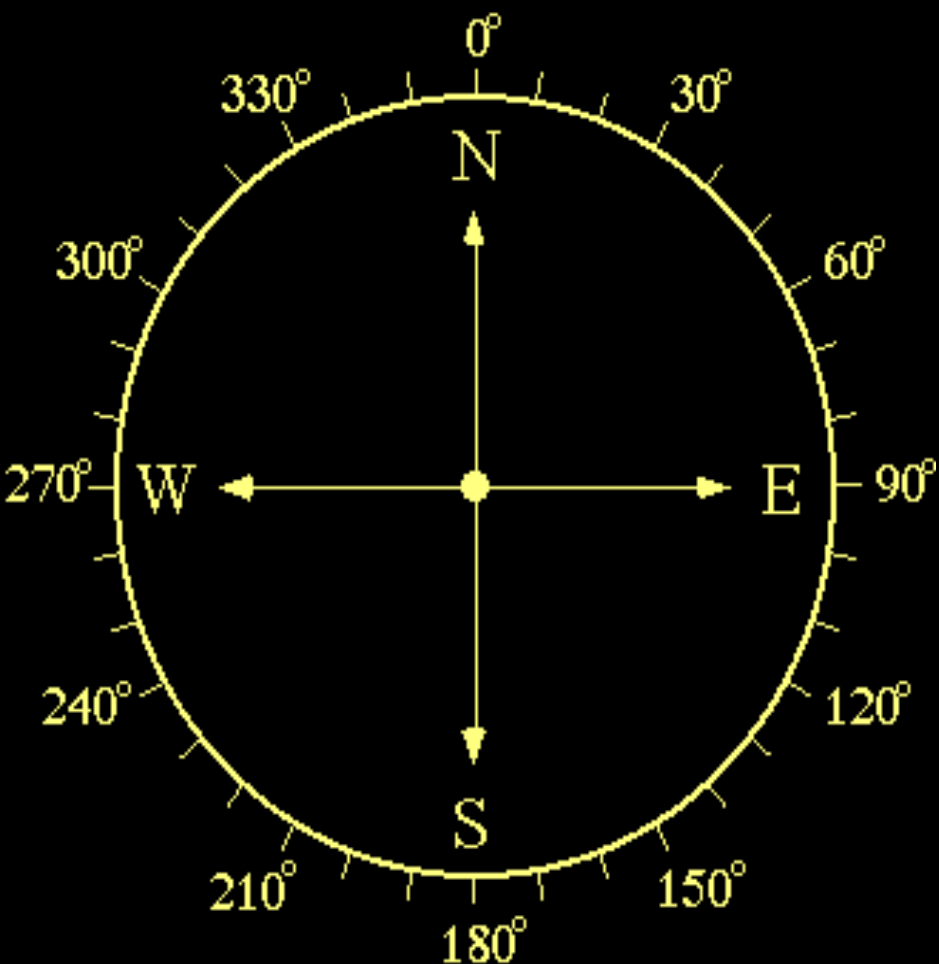


# A Bússola Brunton

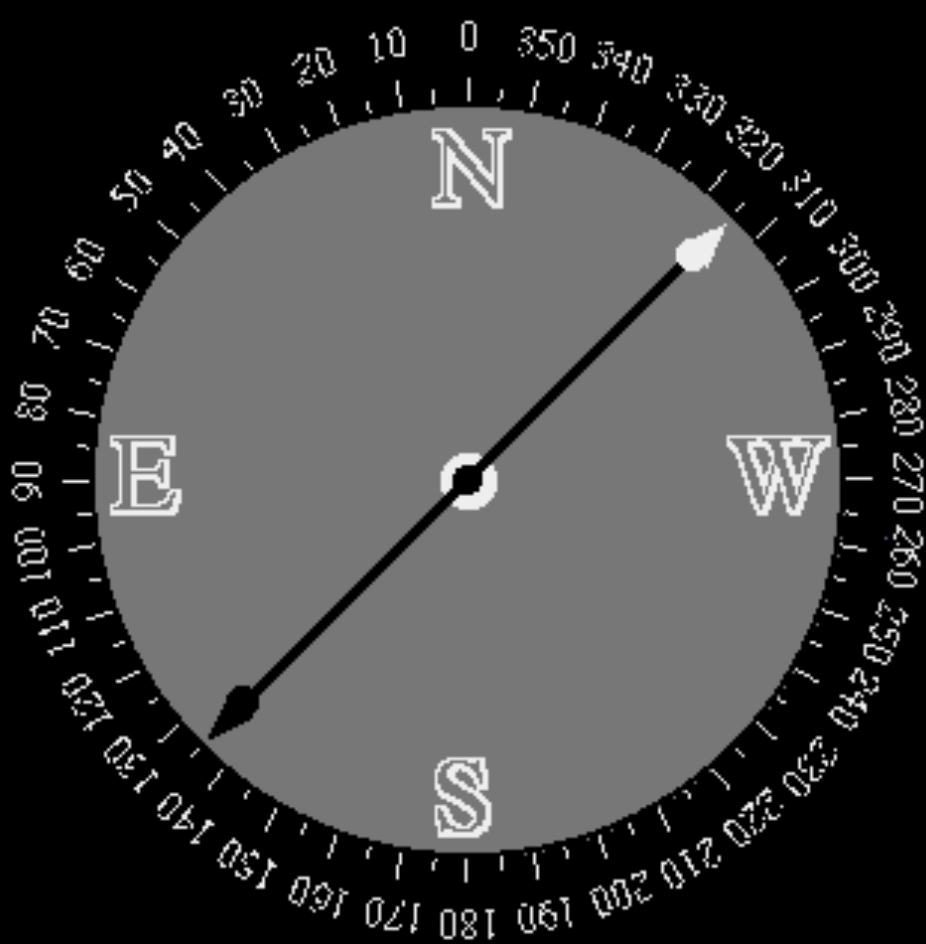


[www.dandanowski.com/portfolio/index.php?show=brunton](http://www.dandanowski.com/portfolio/index.php?show=brunton)

**Azimute: ângulo entre o norte (magnético, verdadeiro) e a linha de visada**

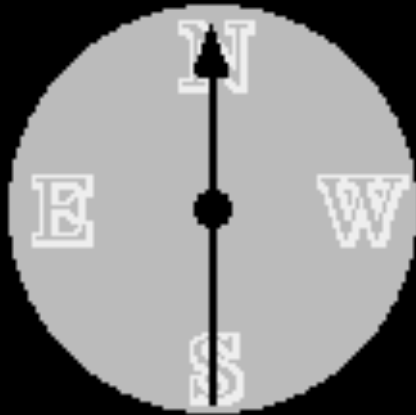


Azimuthes: contagem em sentido horário



Bússola: contador em sentido anti-horário

# Por quê?



You're  
facing  
north



You're  
facing  
northeast

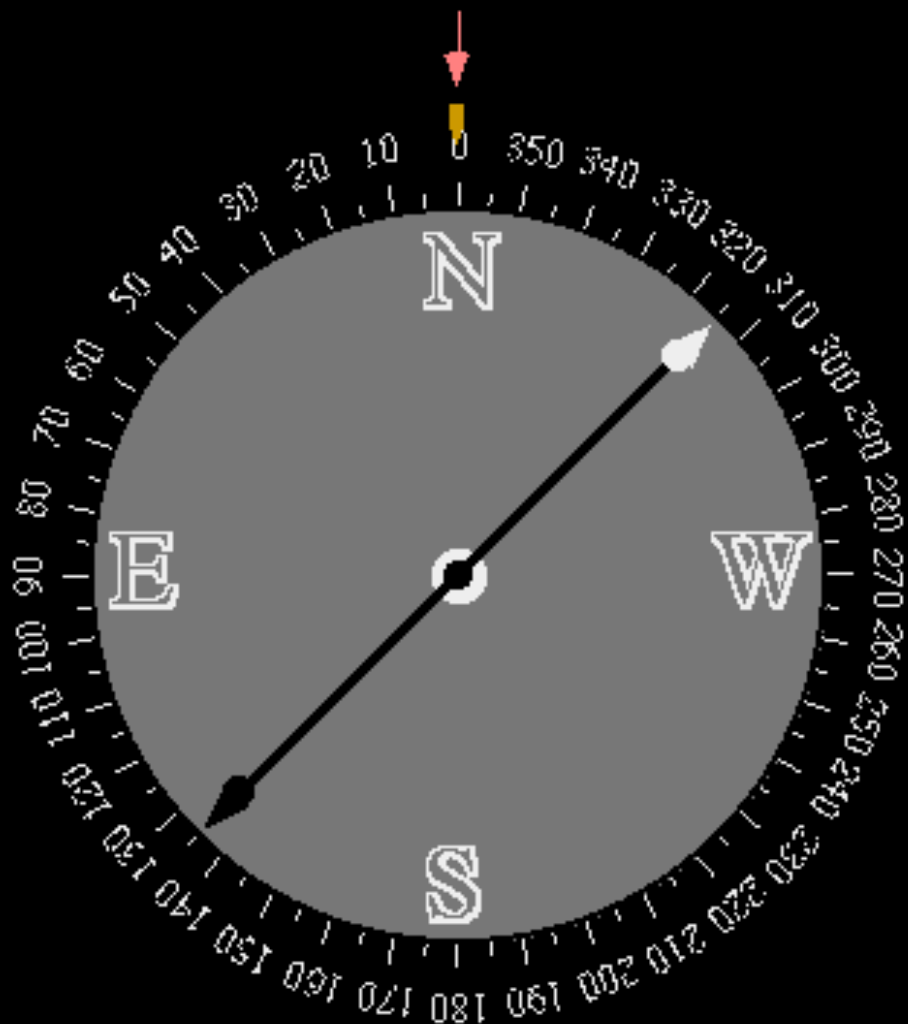


You're  
facing  
east

# Correção da declinação na bússola BRUNTON

[www.ngdc.noaa.gov/geomagmodels/Declination.jsp](http://www.ngdc.noaa.gov/geomagmodels/Declination.jsp)

**Index Pin**



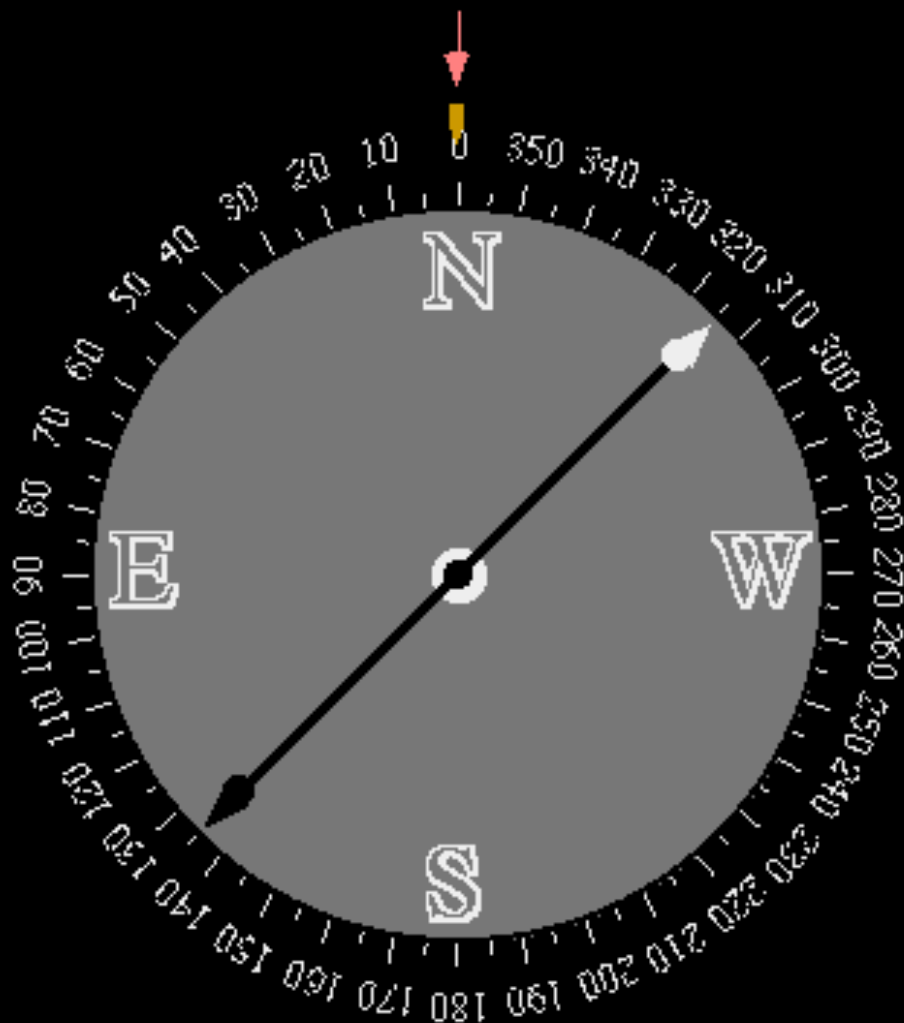
**15° East Declination**



# Correção da declinação na bússola BRUNTON

[www.ngdc.noaa.gov/geomagmodels/Declination.jsp](http://www.ngdc.noaa.gov/geomagmodels/Declination.jsp)

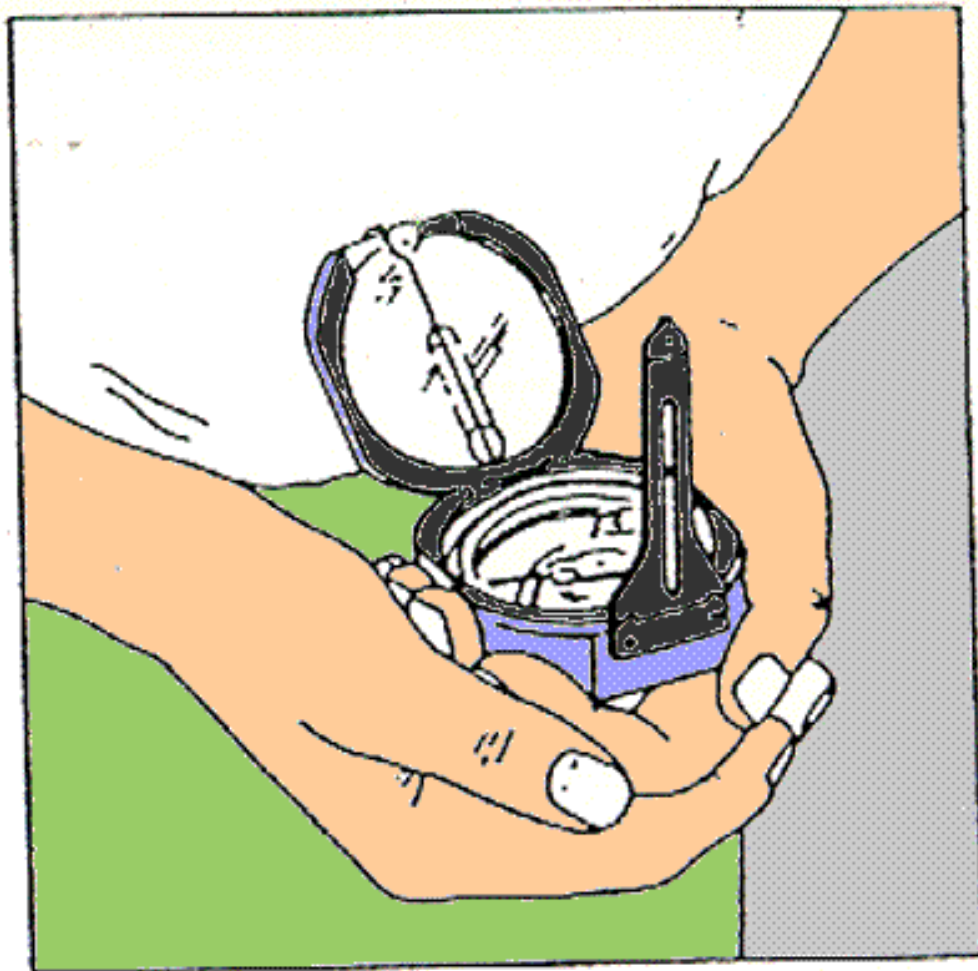
**Index Pin**



**15° West Declination**



# Como medir ângulos horizontais: visadas

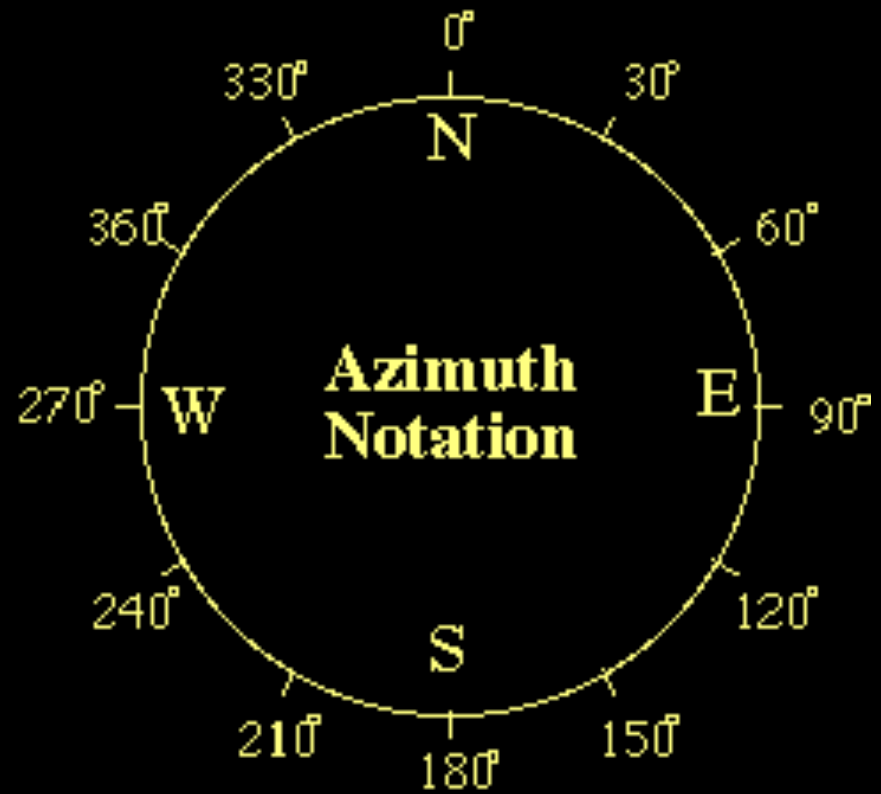
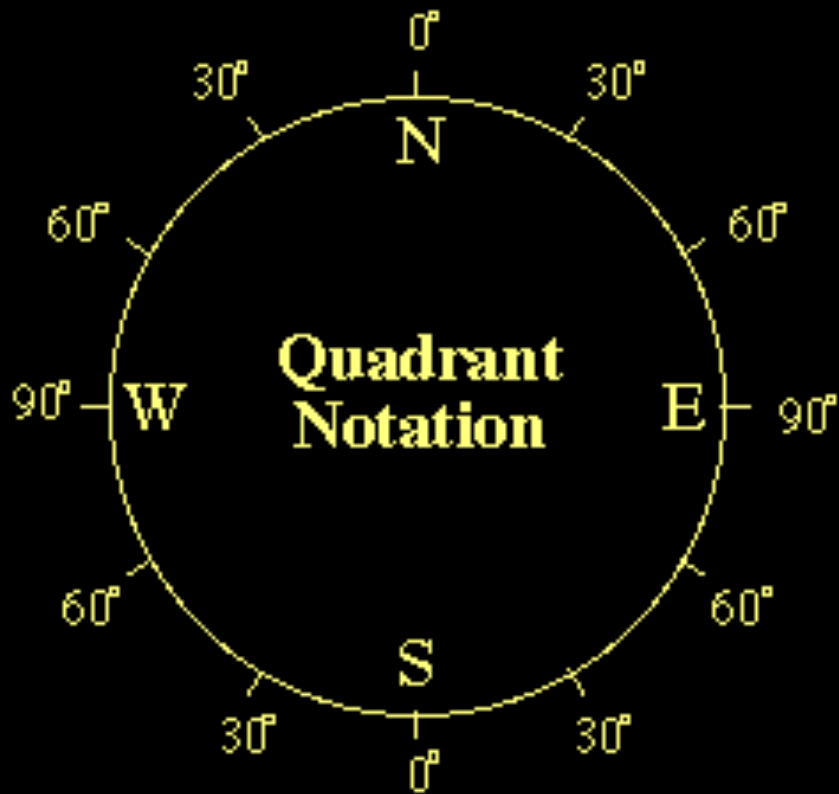


O rumo de A para B é unidirecional. Apontar a linha de fé paralelamente a AB, e no sentido de B, nivelar a bússola e ler o rumo na ponta norte da agulha.

Para leituras mais precisas usa-se um dos dois procedimentos seguintes:

- 1) visada pelo espelho e extremidade da haste. A imagem de B é vista através do orifício da extremidade da haste e coincide com o risco do espelho. Nesta medida sustenta-se a bússola na palma da mão e à altura da cintura.
- 2) visada pela extremidade da haste e pelo orifício no espelho. A imagem de B é vista através dos orifícios da extremidade da haste e do espelho. A visada é feita com a haste da bússola voltada no sentido contrário ao rumo e, portanto, a leitura é feita pela ponta sul da agulha refletida no espelho. A bússola é sustentada na altura dos olhos.

# Notação das visadas: Quadrante X Azimute



Notação em quadrante:

N10E

S20E

S30W

N45W

Notação em azimute:

10 Az

160 Az

210 Az

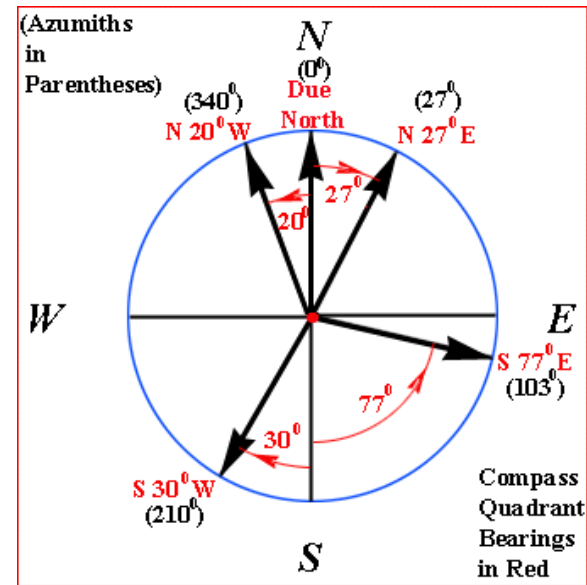
305 Az

| Visada | Orientações |         |             |          |          |          |
|--------|-------------|---------|-------------|----------|----------|----------|
|        | Magnéticas  |         | Verdadeiras |          |          |          |
|        | Quadrante   | Azimute | Quadrante   |          | Azimute  |          |
|        |             |         | D = 19°W    | D = 11°E | D = 19°W | D = 11°E |
| A - B  | N10E        |         |             |          |          |          |
| A - C  |             | 120°    |             |          |          |          |
| A - D  | N10W        |         |             |          |          |          |
| A - E  |             | 275°    |             |          |          |          |
| A - F  |             | 315°    |             |          |          |          |
| A - G  | N85E        |         |             |          |          |          |
| A - H  |             | 50°     |             |          |          |          |
| A - I  | S12W        |         |             |          |          |          |

## Exercício

Calcule a orientação das visadas em azimute, rumo e corrija as declinações

Exemplos de conversão entre medidas em **rumo** e (azimute)





# Como medir ângulos verticais



Para medir a altura entre dois pontos, usa-se a bússola como nível, partindo-se do ponto A mais baixo para o ponto B mais elevado. As visadas são feitas através dos orifícios da extremidade da haste e do espelho, com a bússola nivelada, através do clinômetro (bolha tubular).

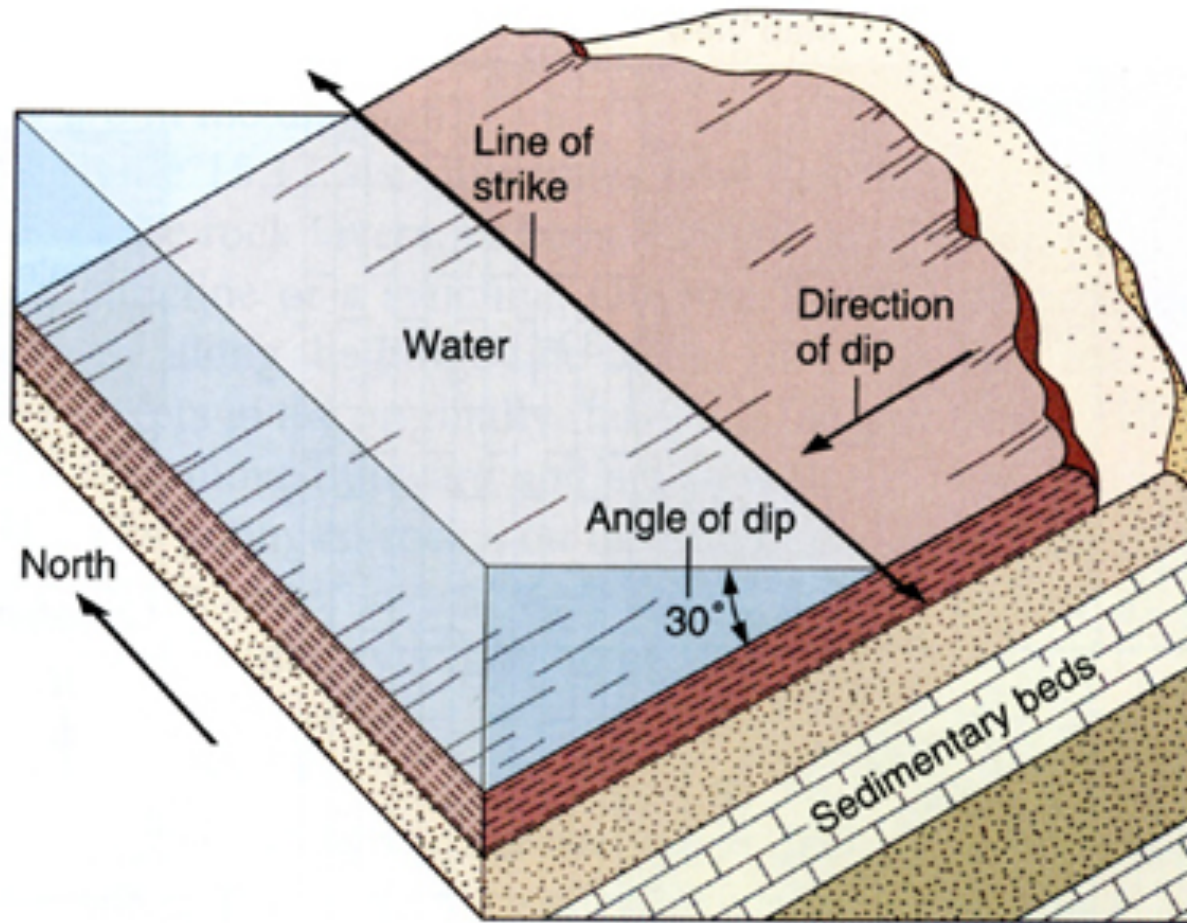


A visada corresponde a um desnível equivalente à distância entre a altura dos pés ao olho do observador. Entre A e B podem ser feitas várias visadas, partindo-se de A seguindo-se para pontos visados, até chegar em B.

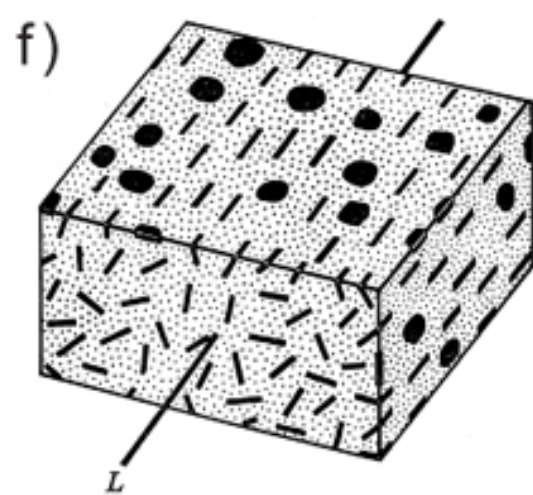
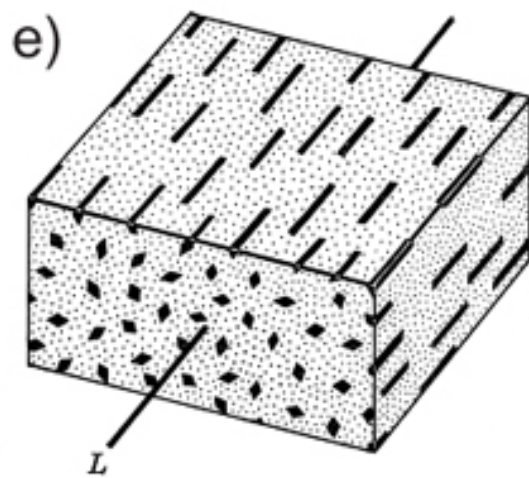
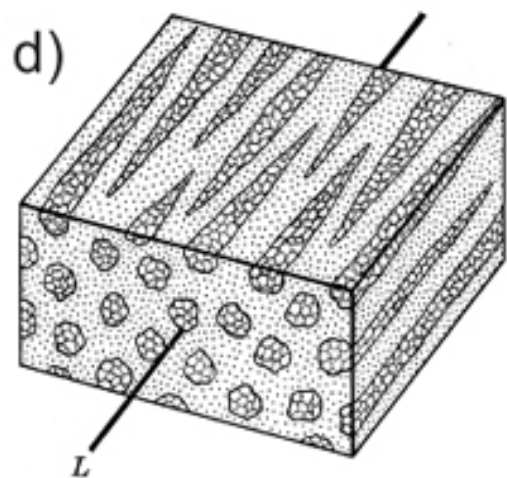
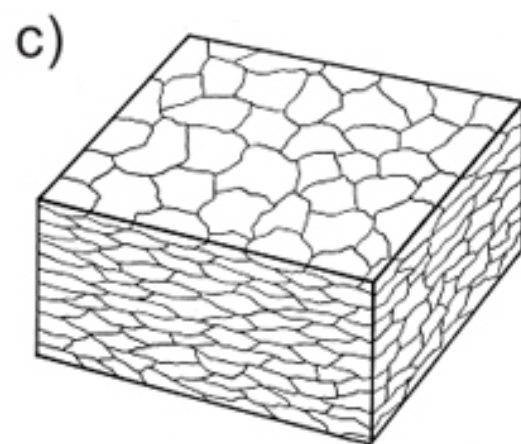
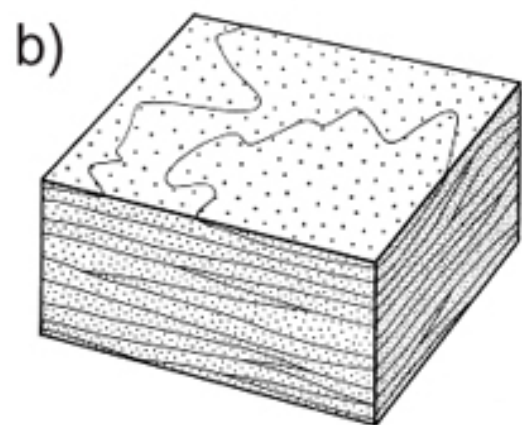
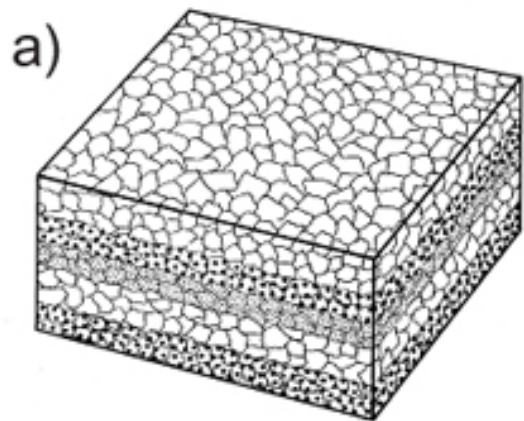
... Como podemos determinar a altura de um objeto com a medida de um ângulo vertical ?

# Como medir planos geológicos

É preciso medir direção (azimute de uma reta horizontal do plano), mergulho (inclinação máxima do plano em relação à horizontal) e o sentido do mergulho.



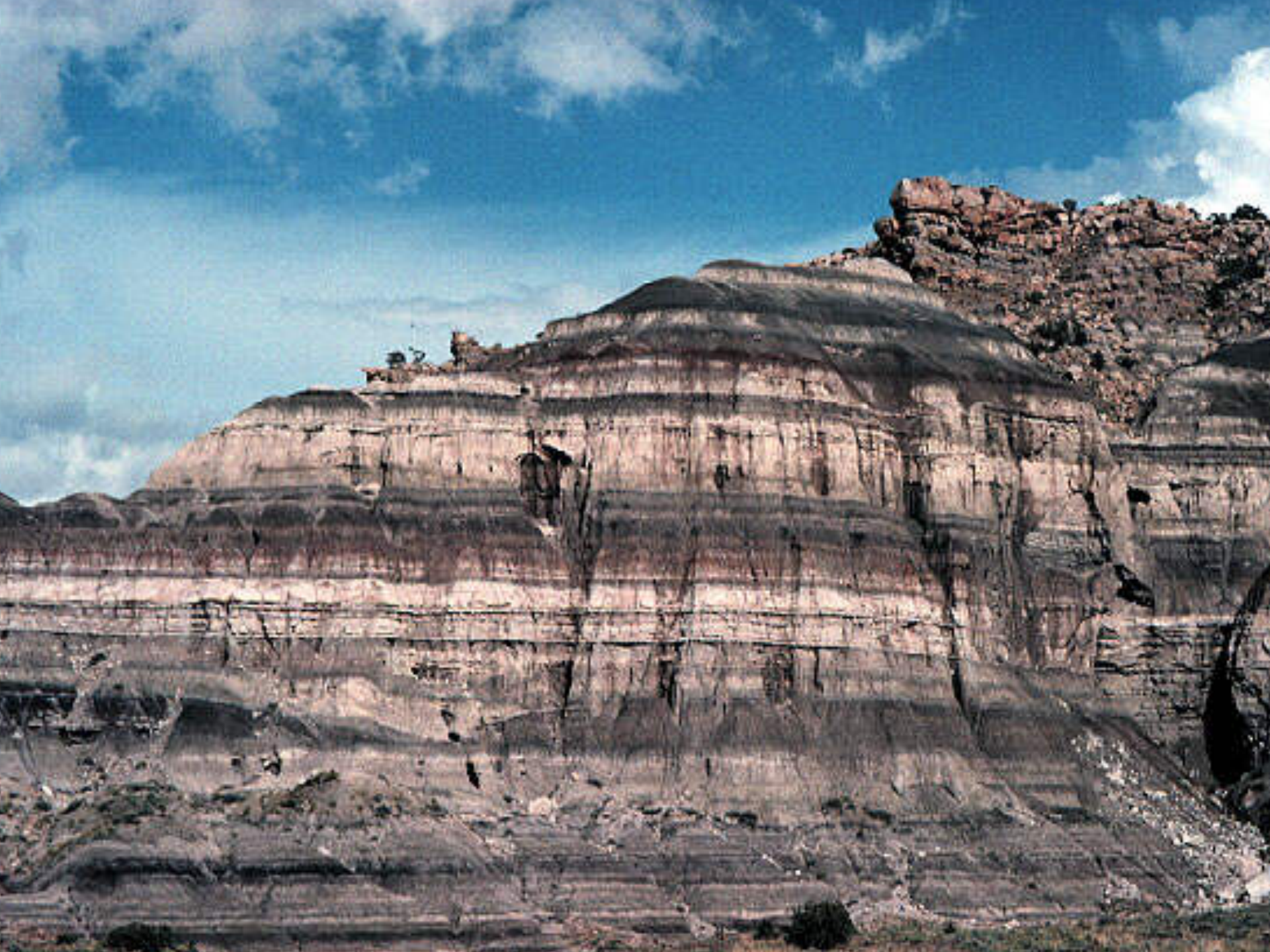
# **Estruturas Geológicas Planares: Estratificação, Foliação, Falhas**



# Elementos planares em rochas sedimentares

- Estratificação plano-paralela
- Estratificação cruzada
- Marcas de onda

Permitem inferir parâmetros importantes do processo de sedimentação (intensidade do fluxo, sentido de fluxo, se a deposição de deu em meio aquoso ou sub-aquoso).





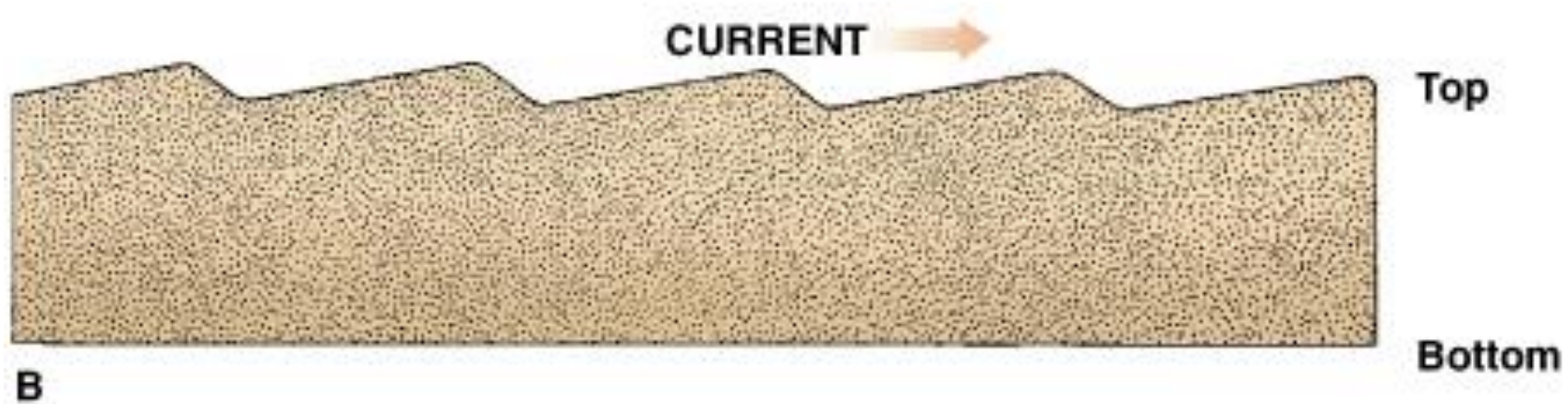
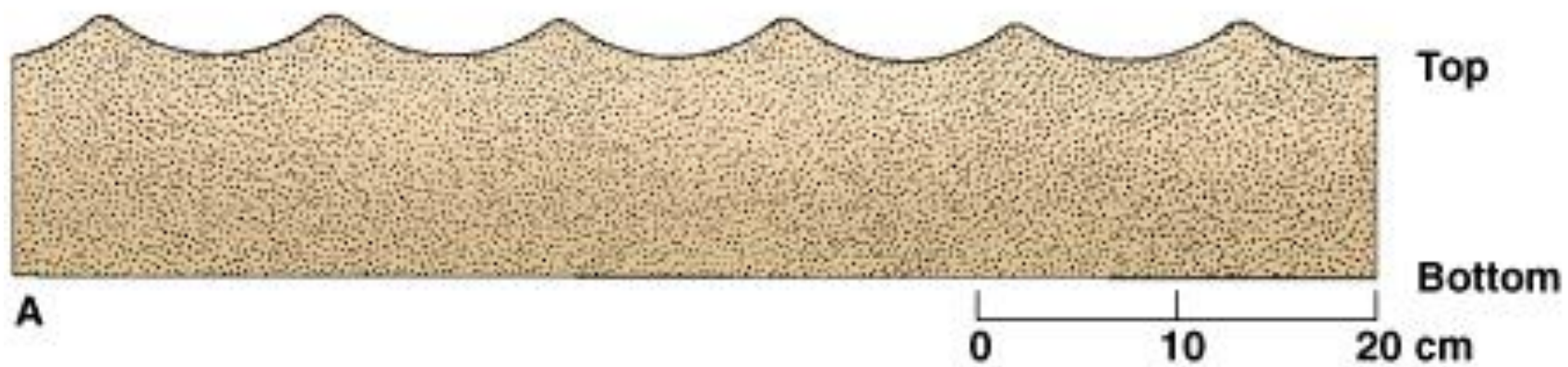












## **Elementos planares associadas aos processos de metamorfismo e deformação.**

### **Orientação mineral:**

- Clivagem ardosiana
- Foliação

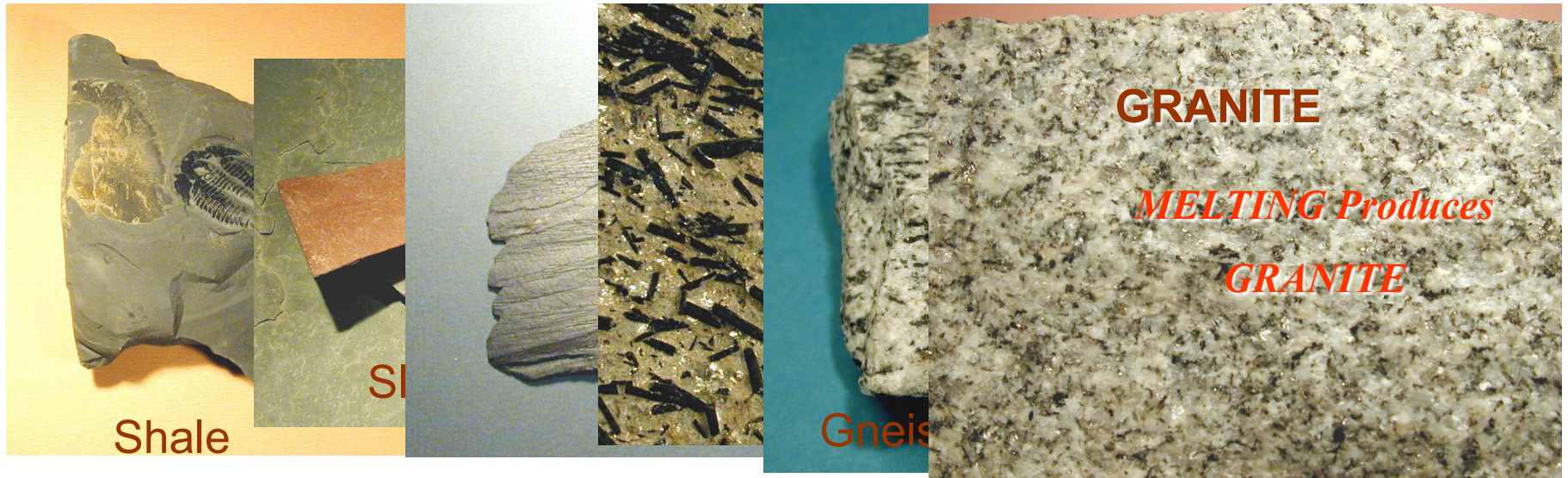
### **Falhas:**

- Plano de falha

### **Dobras:**

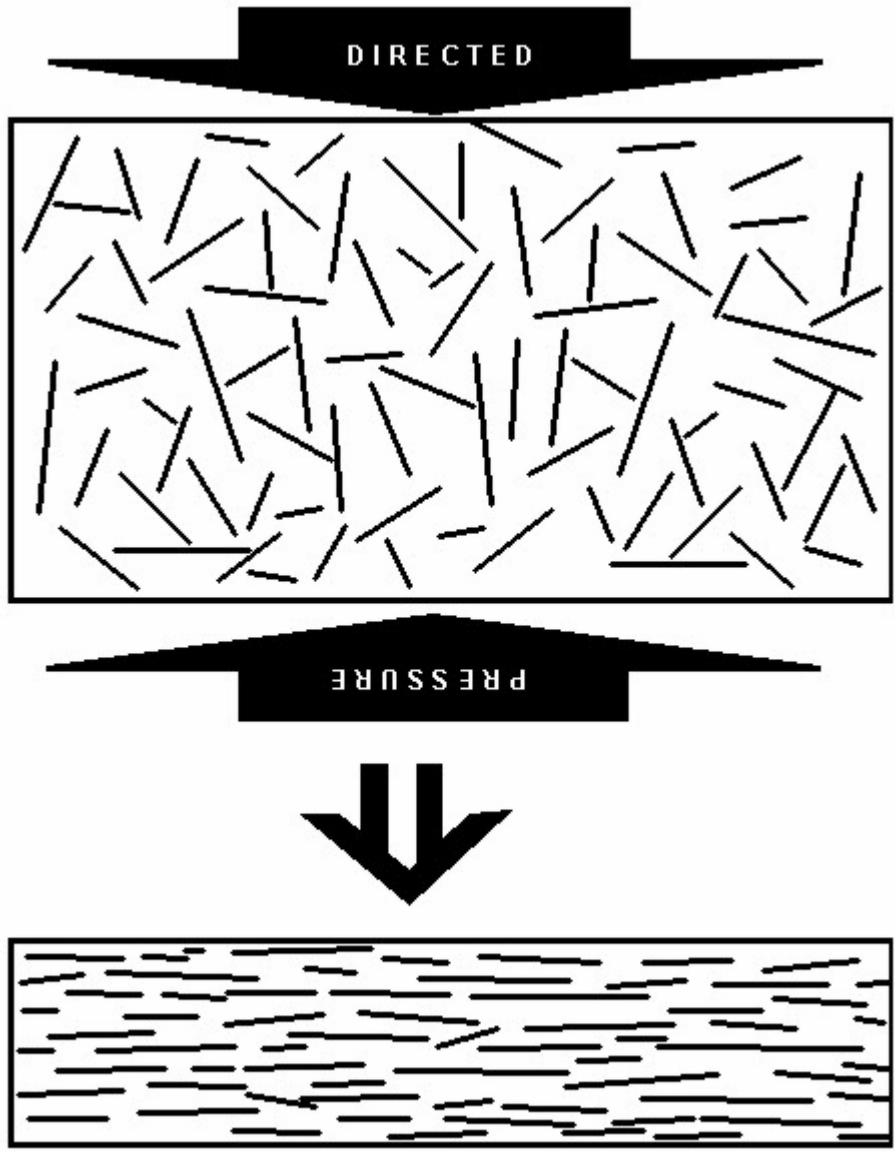
- Plano axial
- Flanco da dobra

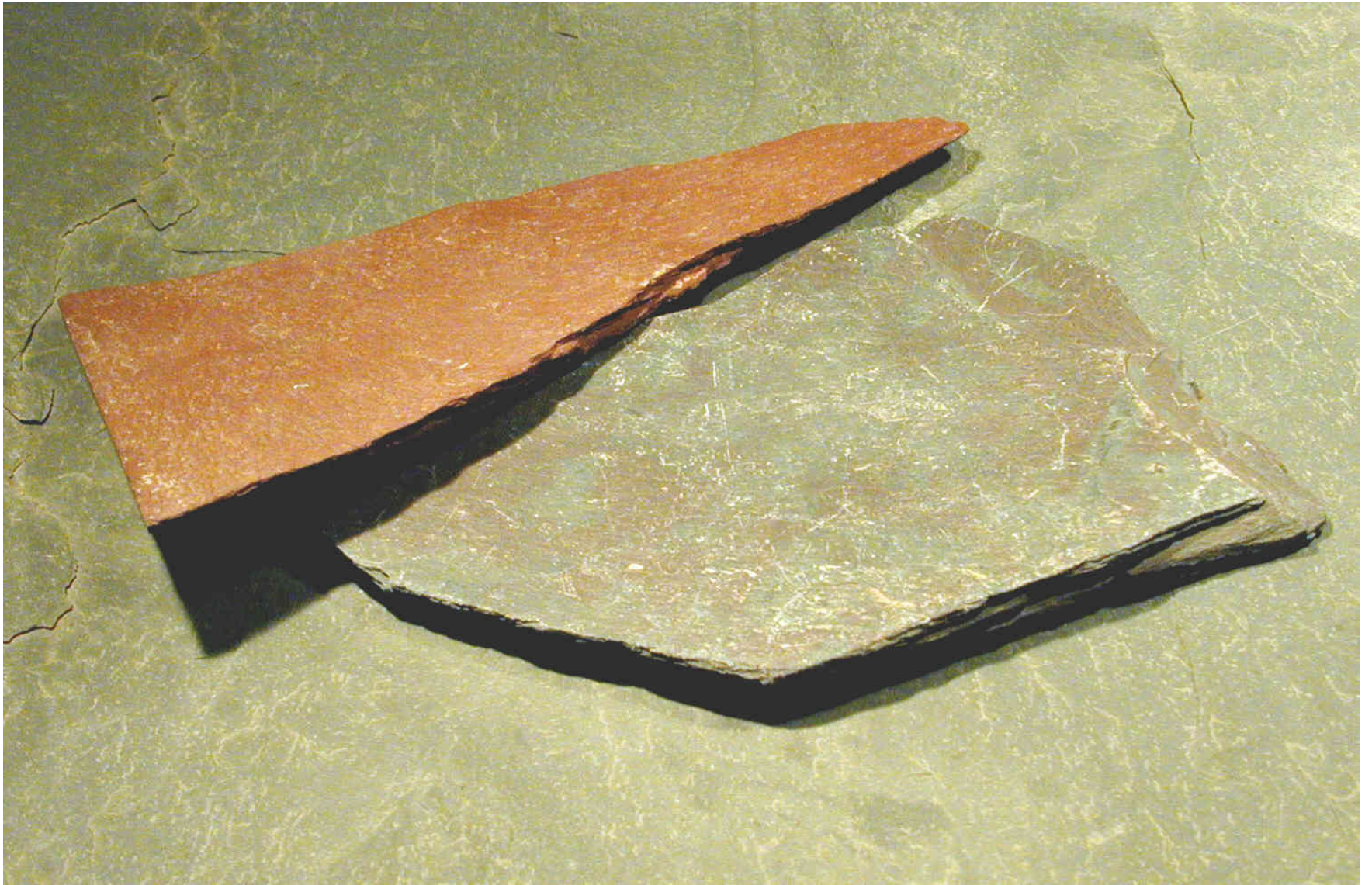
Os elementos planares permitem deduzir a orientação dos esforços durante o processo de deformação das rochas.



**Aumento de temperatura e pressão**

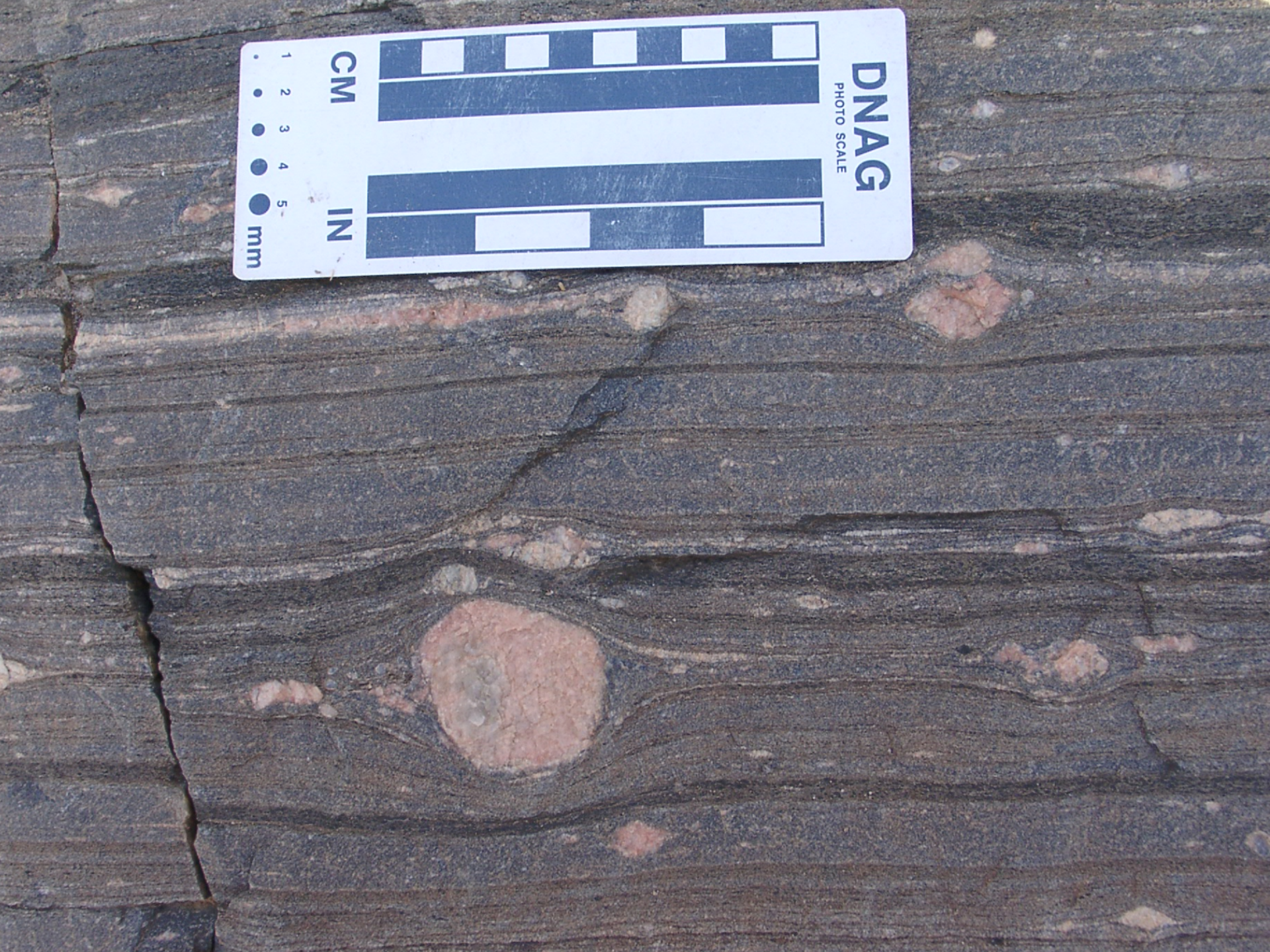




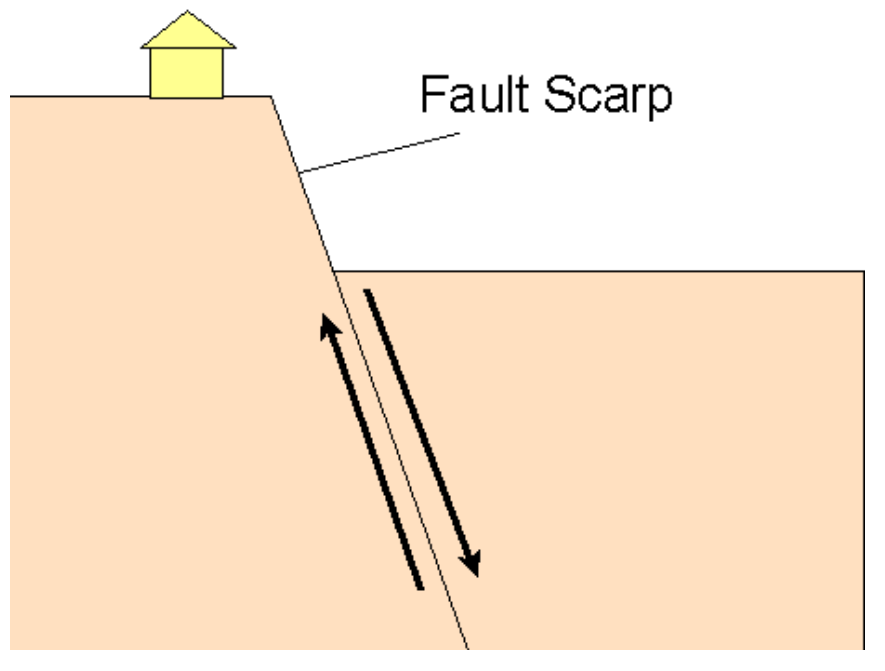


Clivagem ardosiana









# Sierra Mojada Fault



Looking Southwest







Shallowing dipping joints

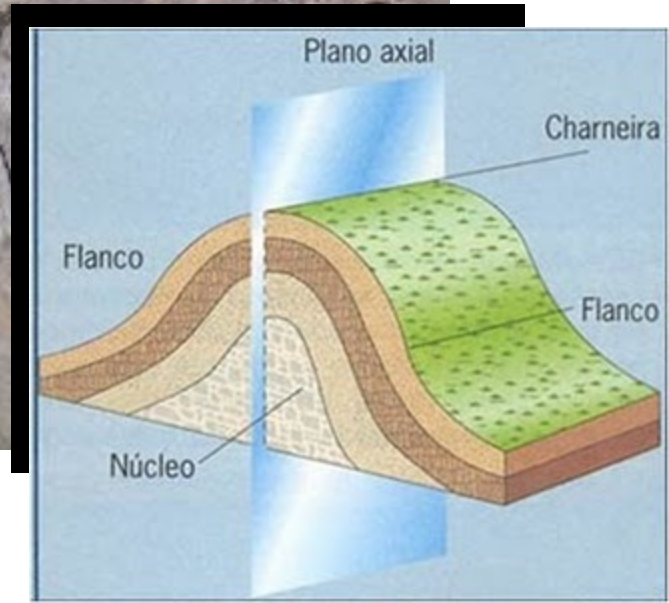
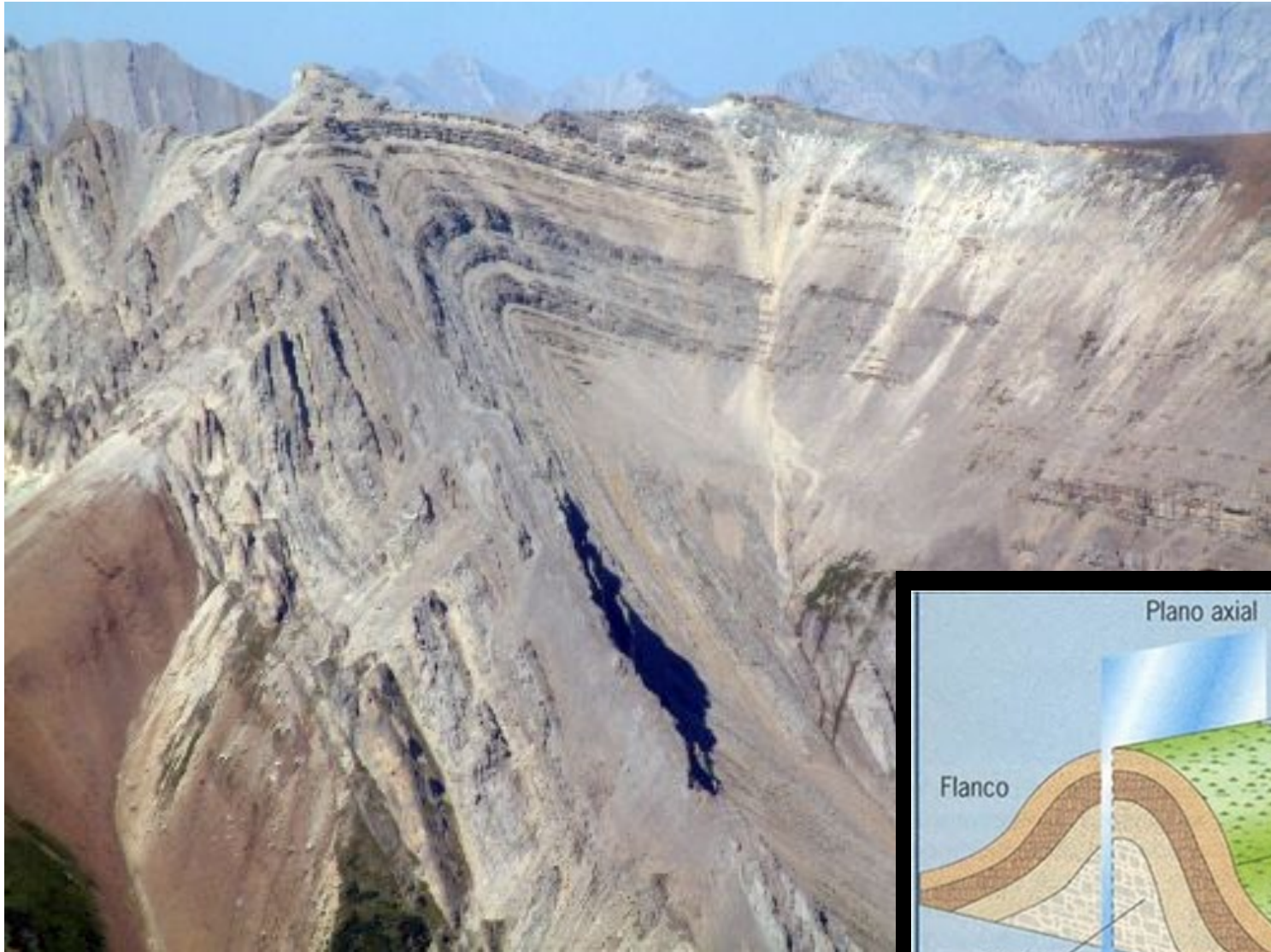
Vertical joints



Fault gouge

photo by Annie Kammerer, NRC





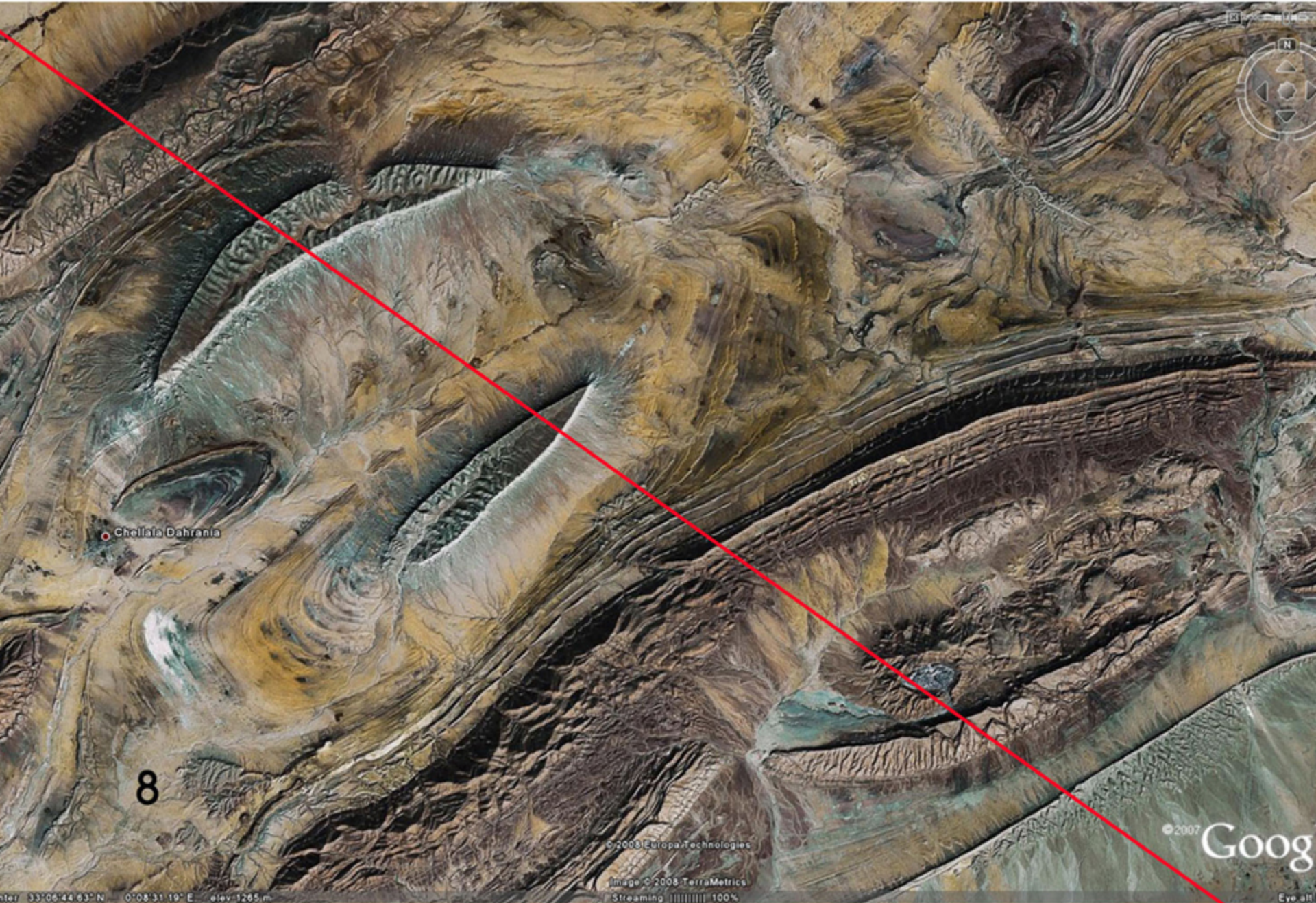


1. West, Southampton University









Cheilala Bahrania

8



33°06'44.63" N 0°08'31.19" E elev. 1265 m

© 2008 Europa Technologies

Image © 2008 TerraMetrics  
Streaming 100%

© 2007 Google

Eye alt

X'



Chimta Churna

8

©2008 TerraMetrics

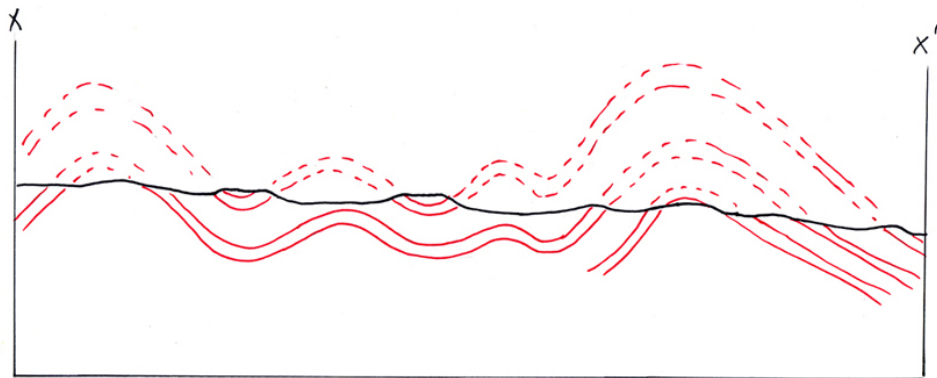
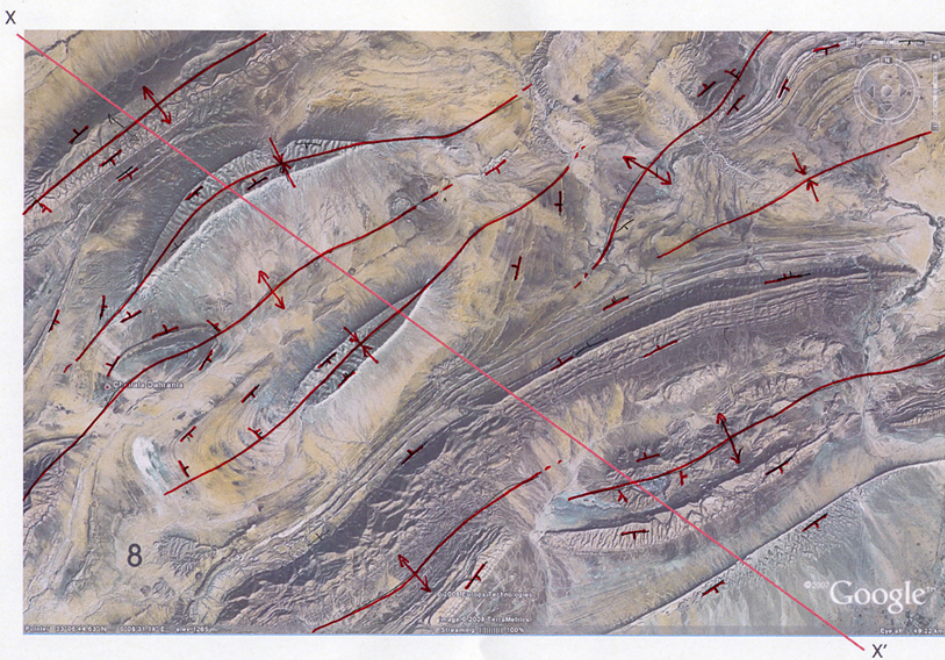
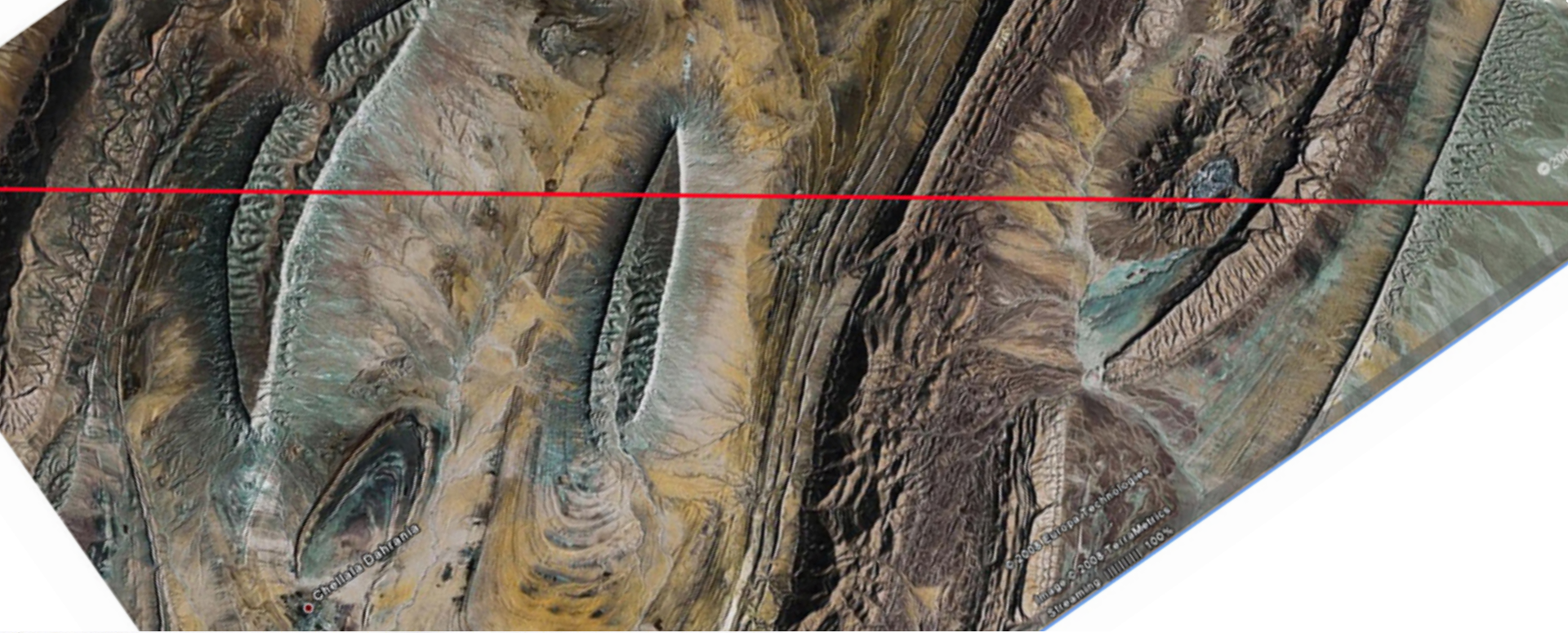
Image © 2008 TerraMetrics  
Streaming 100%

©2007 Google

Point: 33°00'44.037N 003°01'18"E 44m/255'

Eye

X'





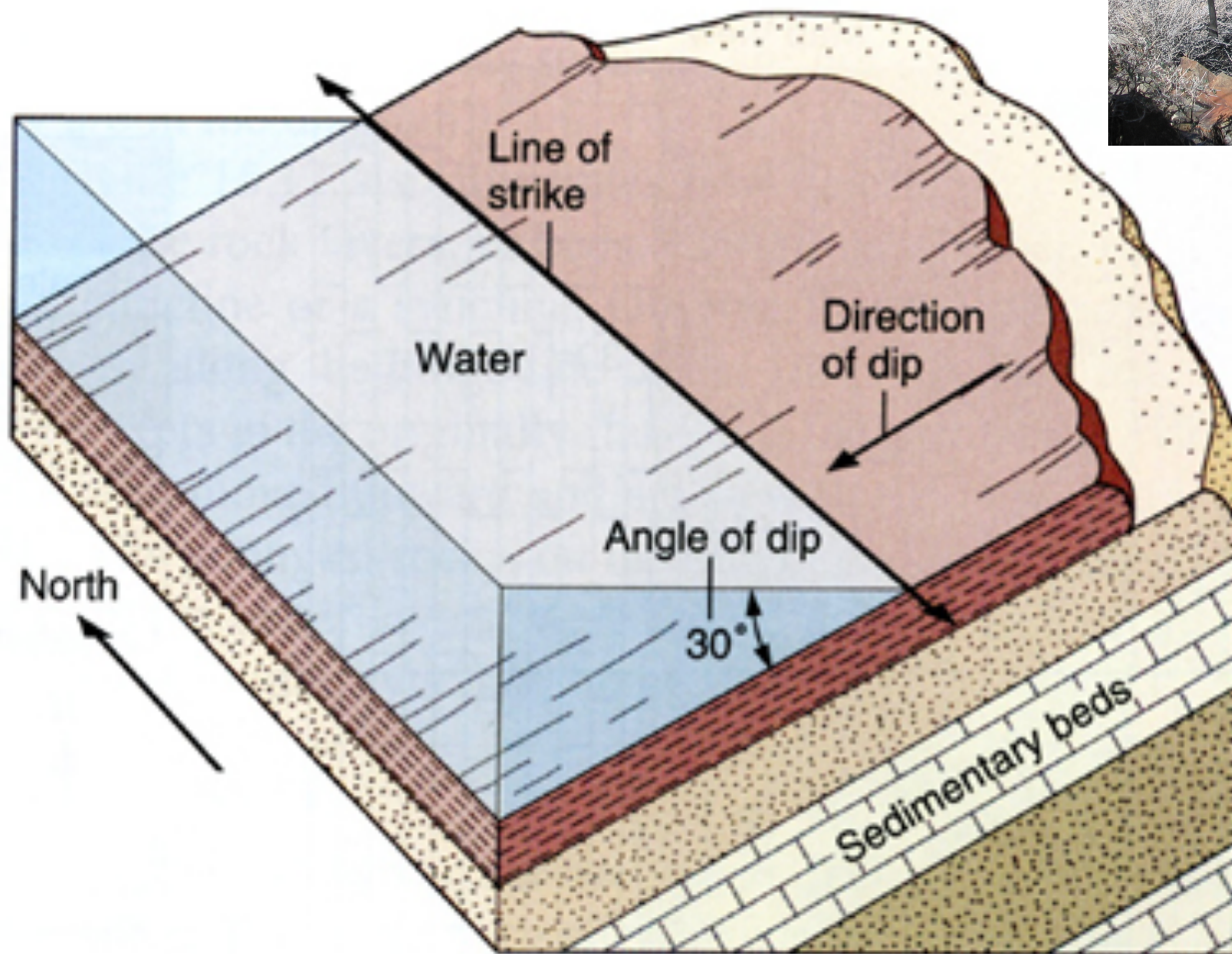
Websites:

<http://ic.ucsc.edu/~casey/eart150/Lectures/Foliations&Lineations/Foliations&lineations.htm>

[http://www.wou.edu/las/phisci/taylor/es406\\_structure/TM\\_chap13\\_Foliations.pdf](http://www.wou.edu/las/phisci/taylor/es406_structure/TM_chap13_Foliations.pdf)

# Como medir planos geológicos

É preciso medir direção (azimute de uma reta horizontal do plano), mergulho (inclinação máxima do plano em relação à horizontal) e o sentido do mergulho.



## Notação de Plano

Azimute:

AZIMUTE/MERGULHO, SENTIDO  
Ex. 130Az/45NE

Rumo:

RUMO/MERGULHO, SENTIDO  
Ex. S50E/45NE

## Notação de Linha

Azimute:

AZIMUTE/MERGULHO  
Ex. 0/130Az

Rumo:

RUMO/MERGULHO  
Ex. 0/S50E

# Strike Azimute

## Medida Direta

- 1) encostar o lado norte-sul da bússola (horizontalizada) no plano e nivelar a bolha circular. Ler a direção em uma das pontas da agulha;
- 2) encostar o lado da bússola ao longo da reta de maior inclinação do plano (perpendicular à direção), nivelar o clinômetro, e ler o mergulho;
- 3) apontar a linha de fé no sentido da reta de maior inclinação e para o lado de inclinação do plano e nivelar a bolha circular. A ponta Norte da agulha (pintada) indica o sentido do mergulho.



# Dip Mergulho

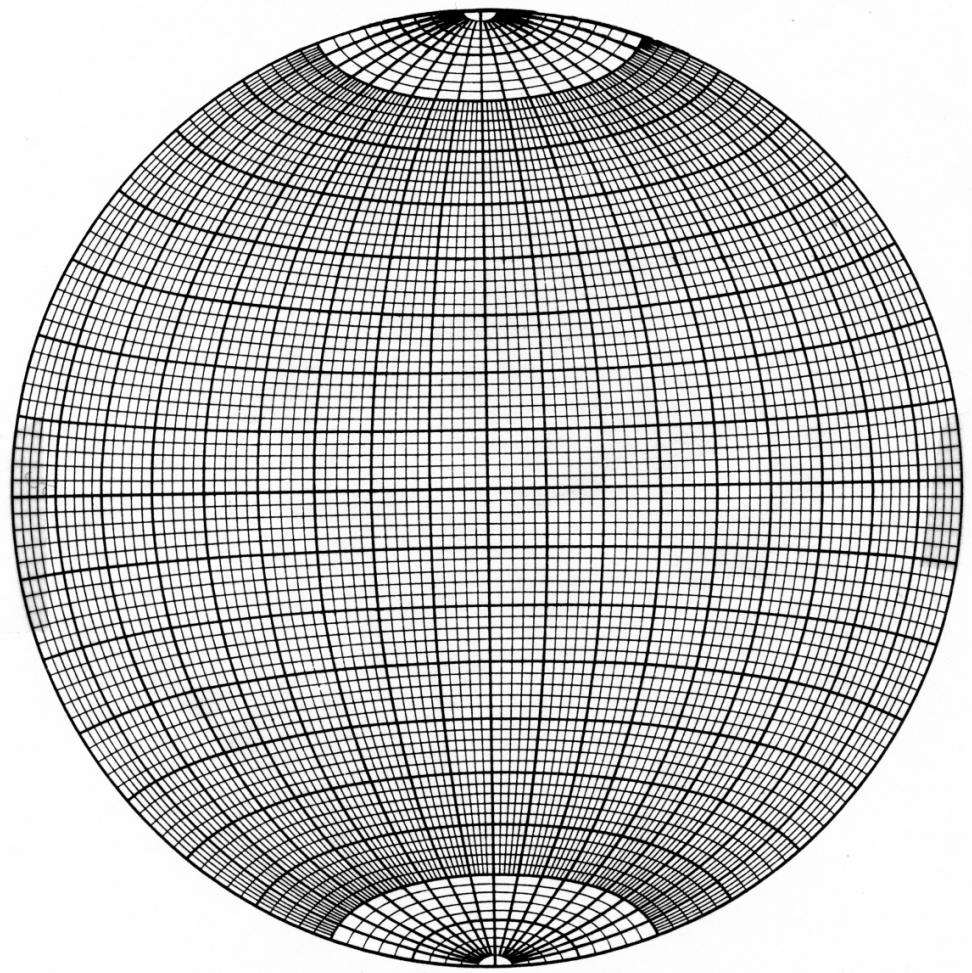


## Medida Direta

- 1) encostar o lado norte-sul da bússola (horizontalizada) no plano e nivelar a bolha circular. Ler a direção em uma das pontas da agulha;
- 2) encostar o lado da bússola ao longo da reta de maior inclinação do plano (perpendicular à direção), nivelar o clinômetro, e ler o mergulho;
- 3) apontar a linha de fé no sentido da reta de maior inclinação e para o lado de inclinação do plano e nivelar a bolha circular. A ponta Norte da agulha (pintada) indica o sentido do mergulho.



# Rede estereográfica



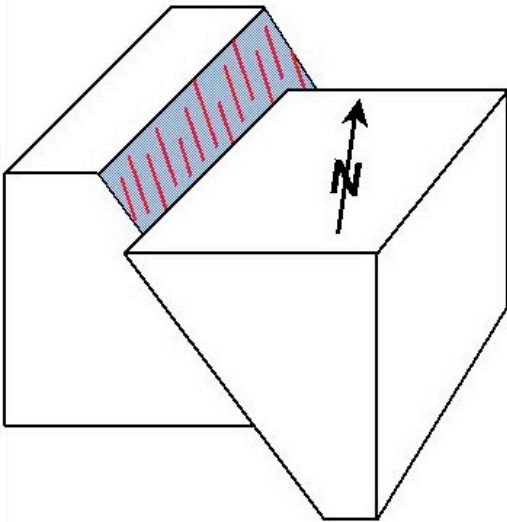
É uma projeção esférica do espaço tridimensional, que permite:

- Representar planos e linhas no espaço
- Determinar o ângulo entre linhas, planos e entre planos e linhas
- Determinar a intersecção entre dois planos
- Rotacionar linhas e planos em torno de um eixo

# Rede estereográfica

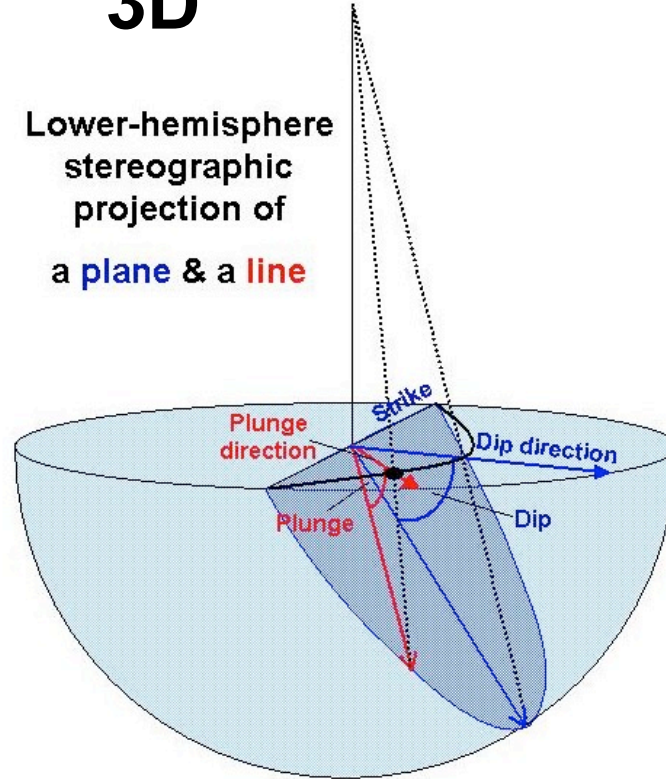
## Falha

Oblique normal fault with **slickensides** on the fault plane



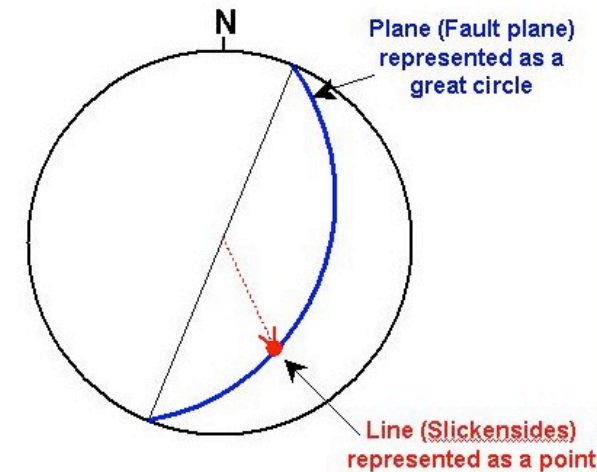
## 3D

Lower-hemisphere stereographic projection of a plane & a line



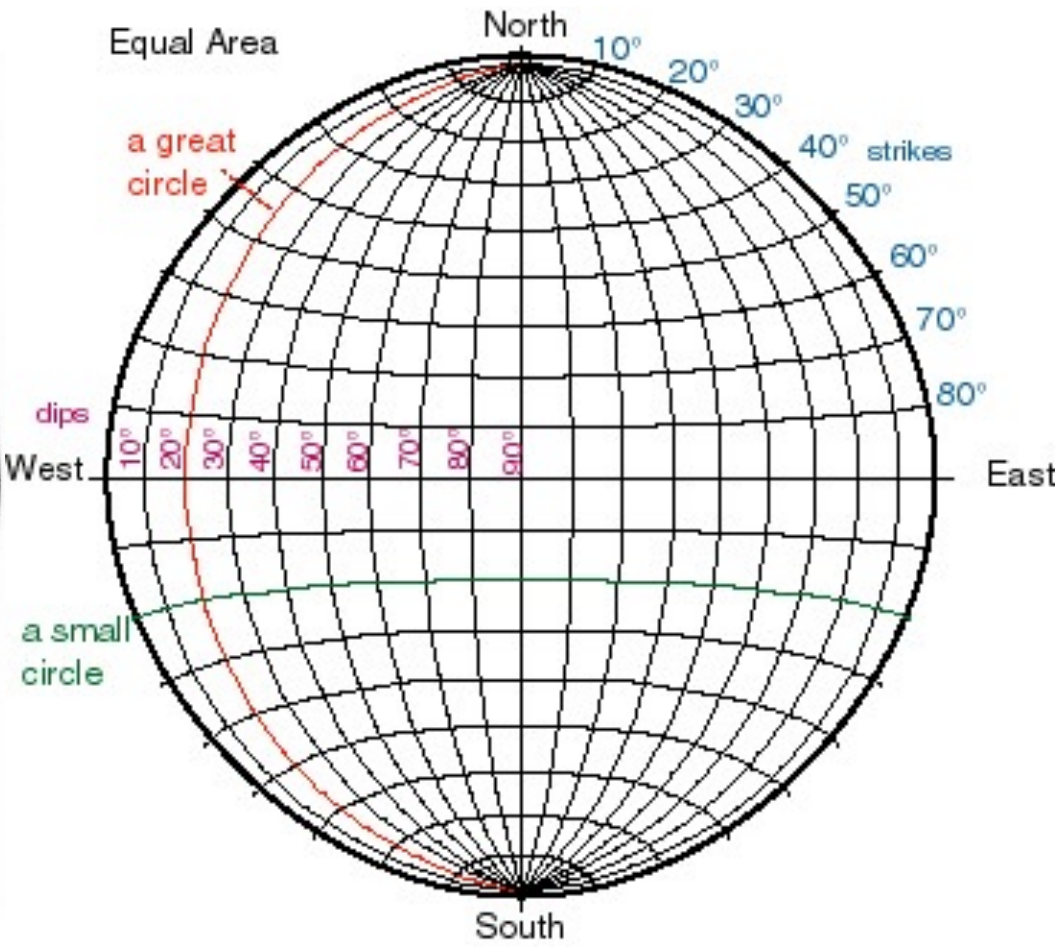
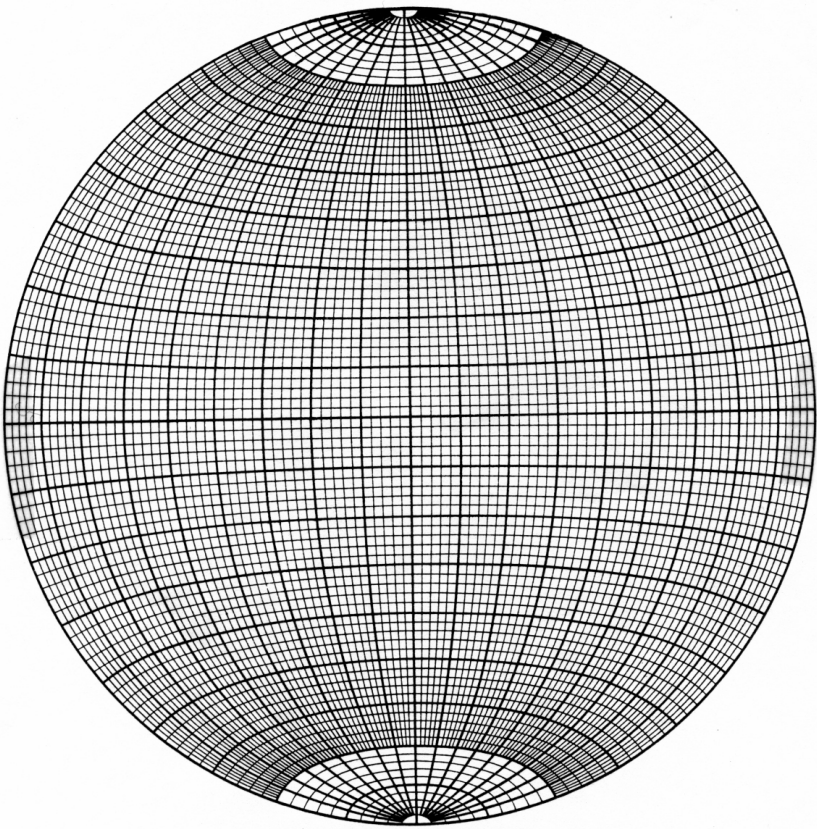
## Estereograma

Representation of 3D structures on a plane



Representação do plano de falha (azul) e das estrias de falha (vermelho).

# Rede estereográfica



## **Linha na Rede**

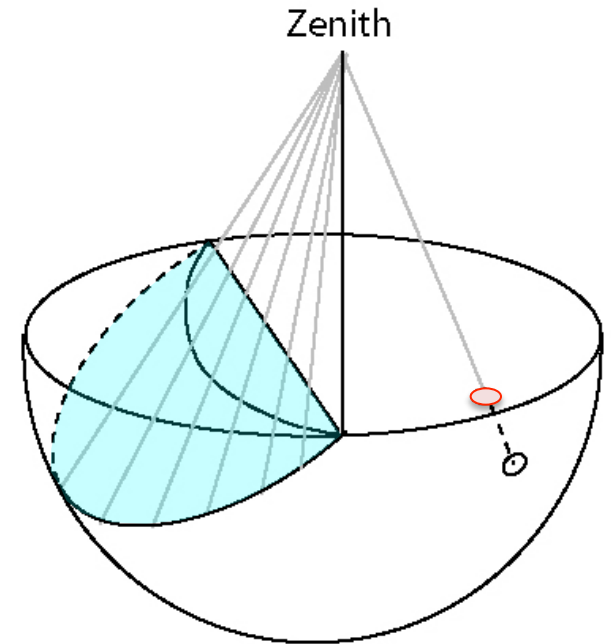
Representação de uma linha na rede estereográfica.

- A linha é definida por dois pontos: o ponto central da esfera e a intersecção da linha com a superfície inferior da esfera.
- o ponto é projetado na rede estereográfica a partir do ponto na base da esfera e em direção ao zênite.

## **Planos na Rede**

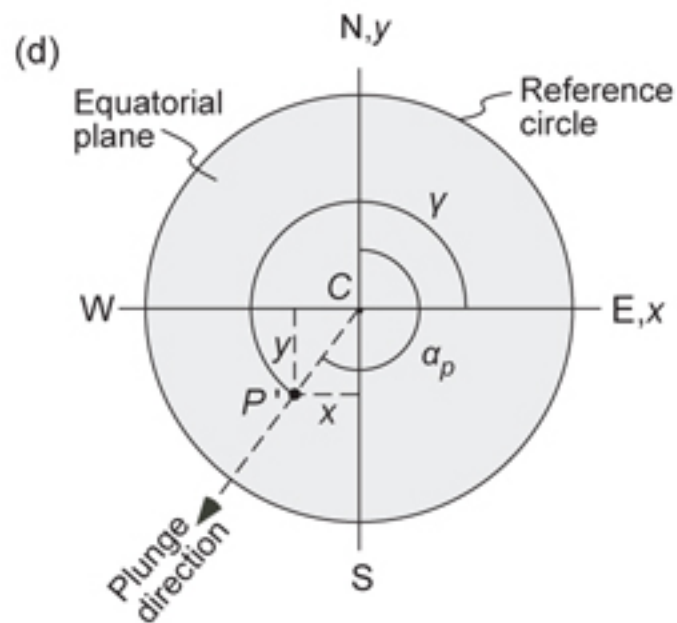
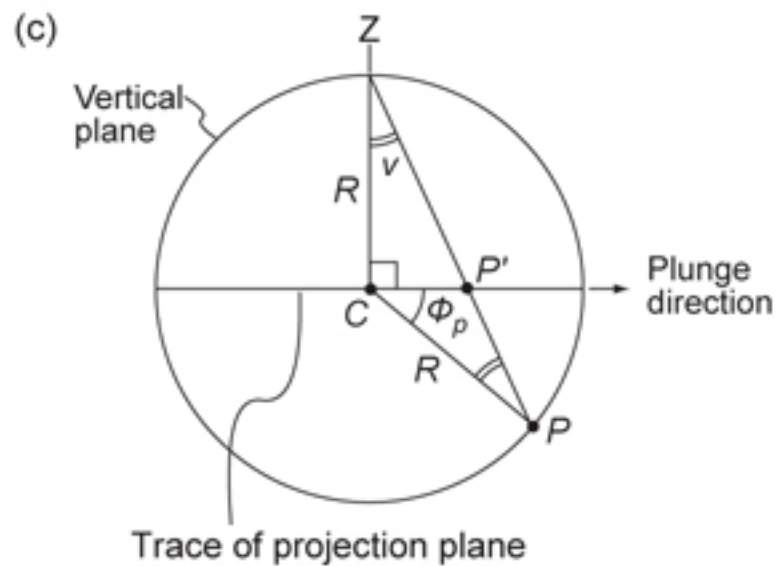
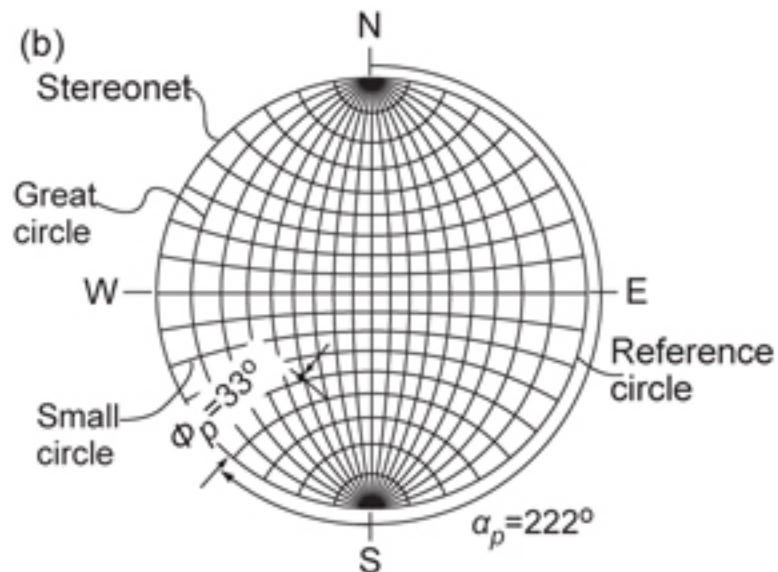
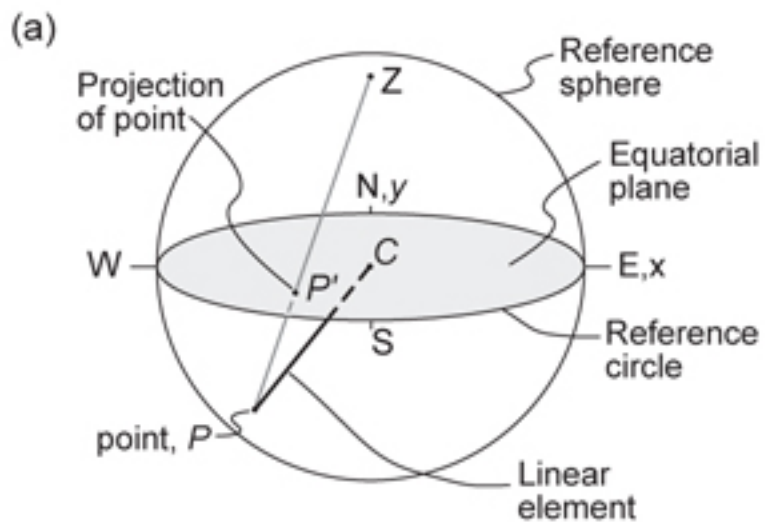
Representação de um plano na rede estereográfica.

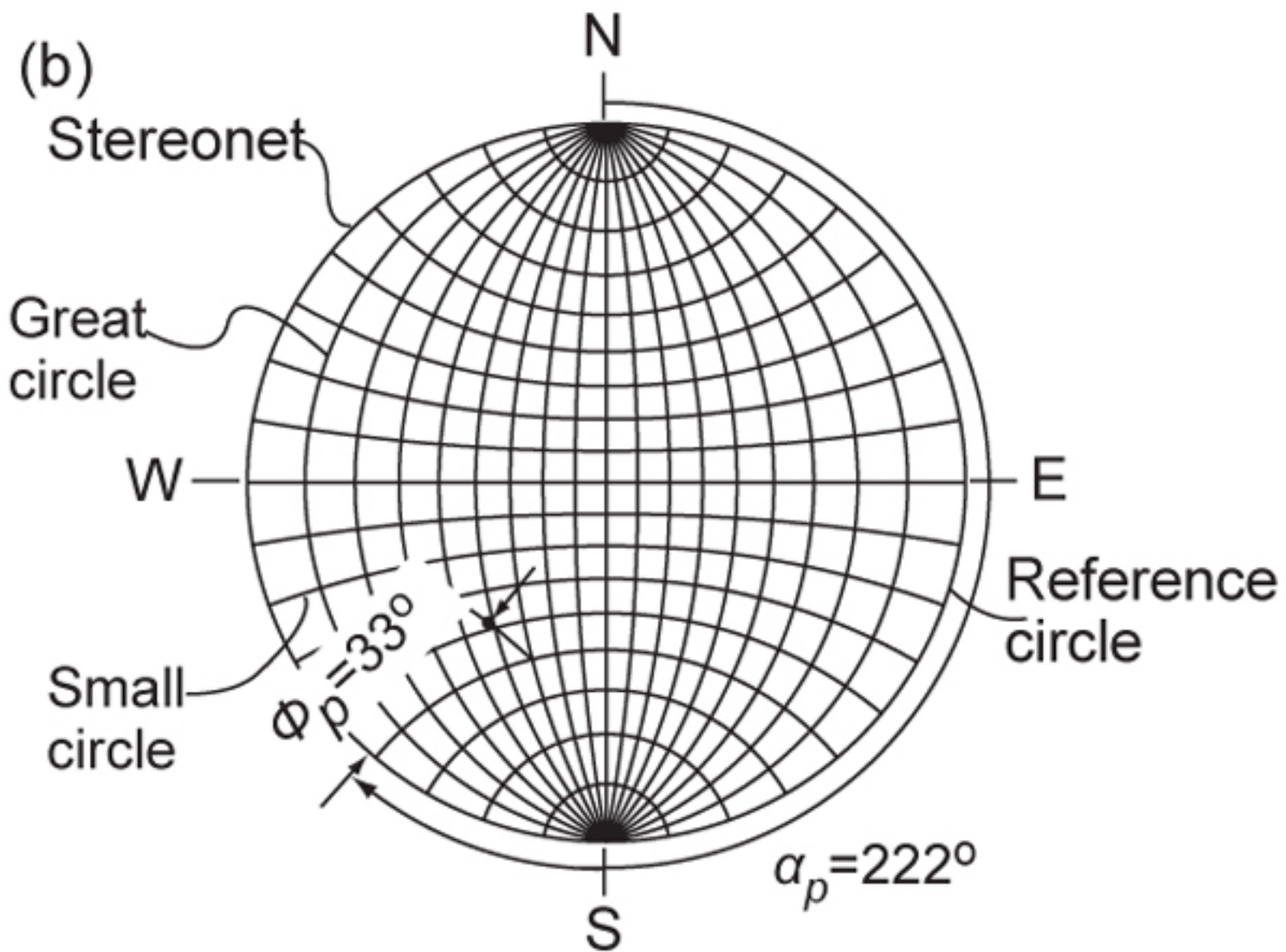
- um plano é representado por um arco, que corresponde à intersecção do plano com a superfície inferior da esfera.
- o plano é projetado na rede estereográfica a partir dos diferentes pontos que o definem e em direção ao zênite.

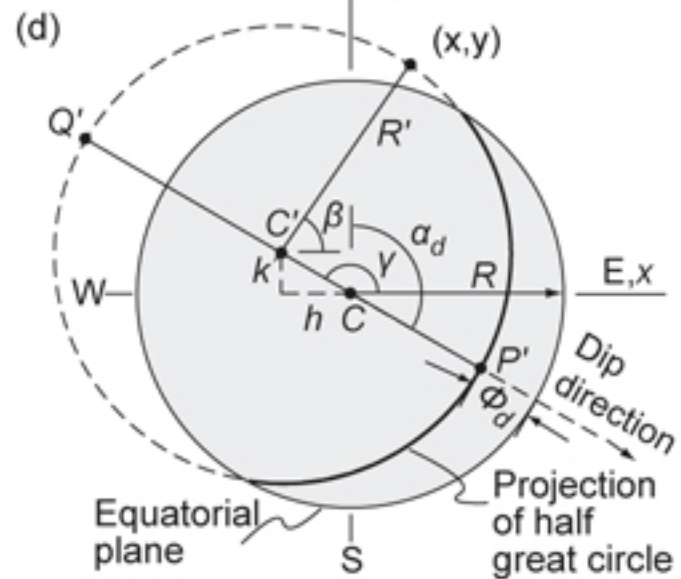
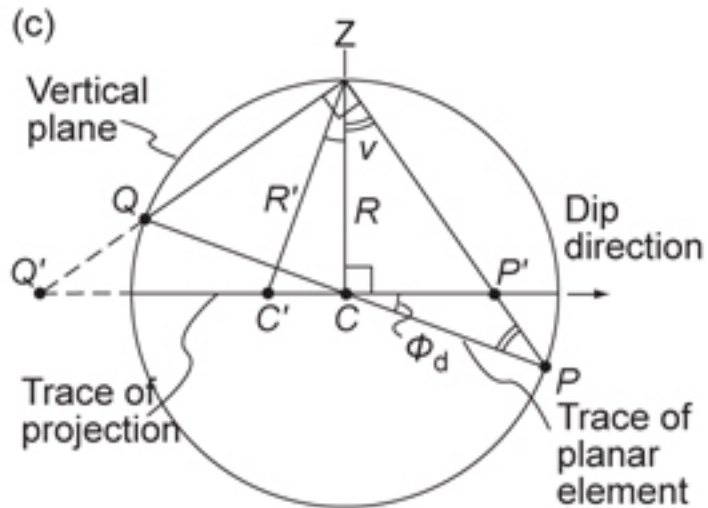
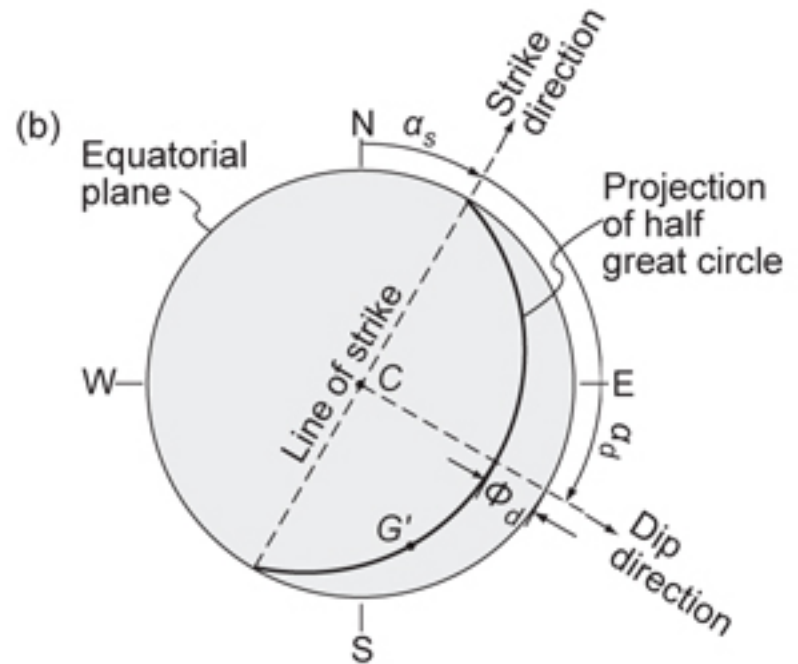
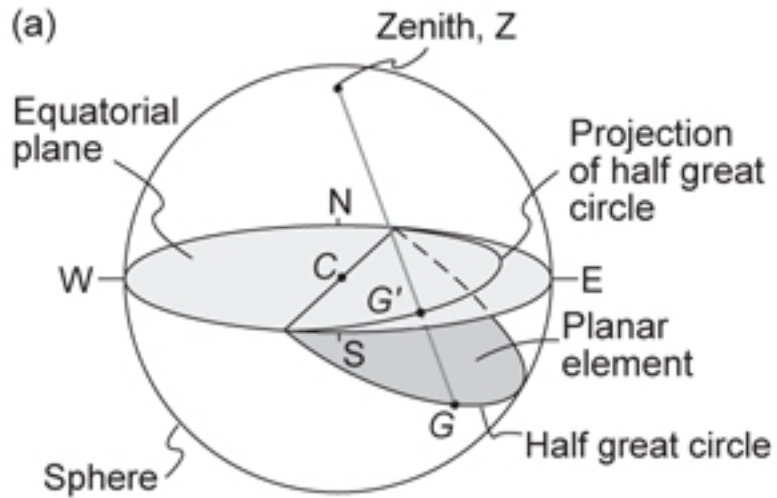


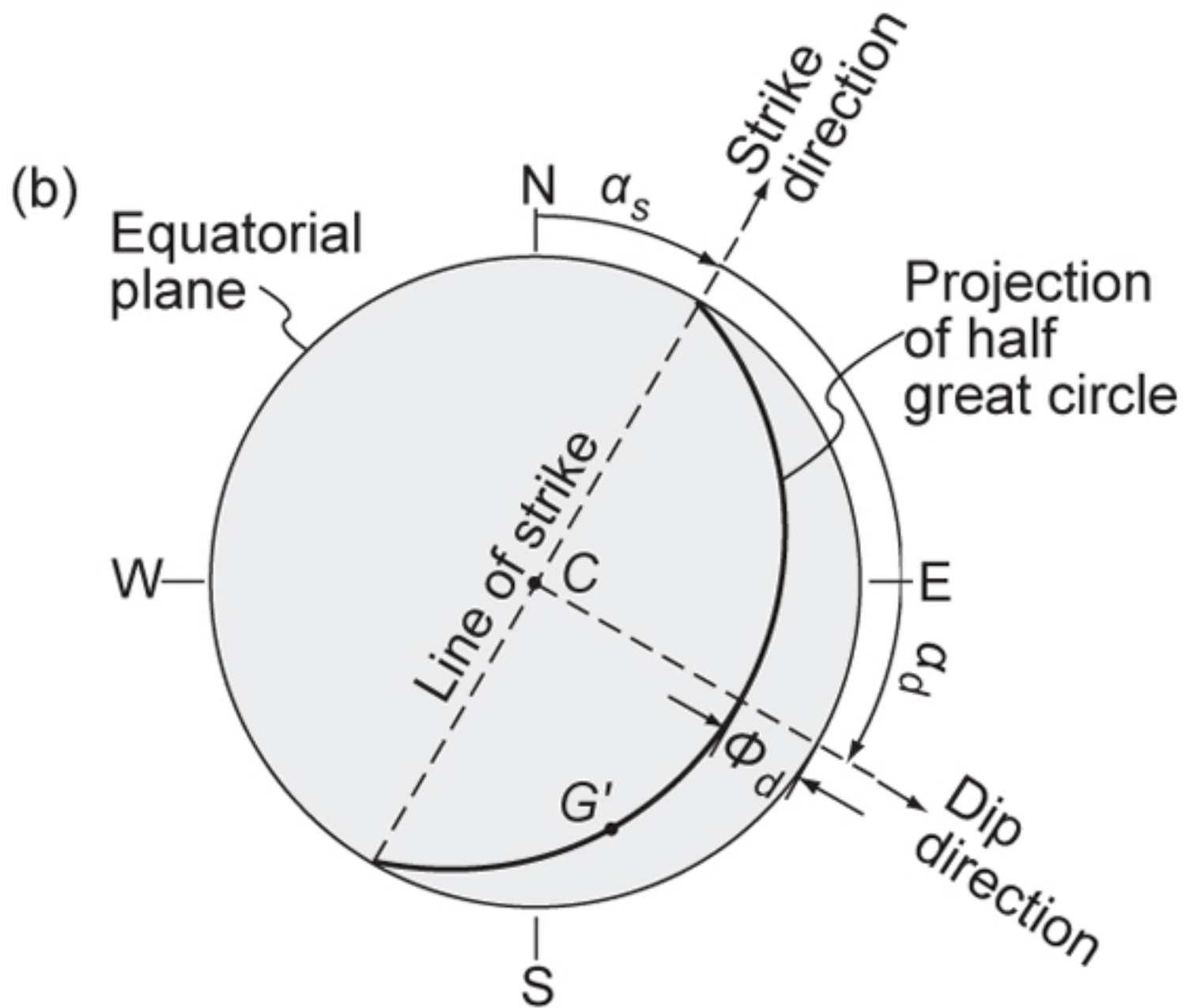
Projection of intersection points from the lower hemisphere of the reference sphere to the zentith of the projection.

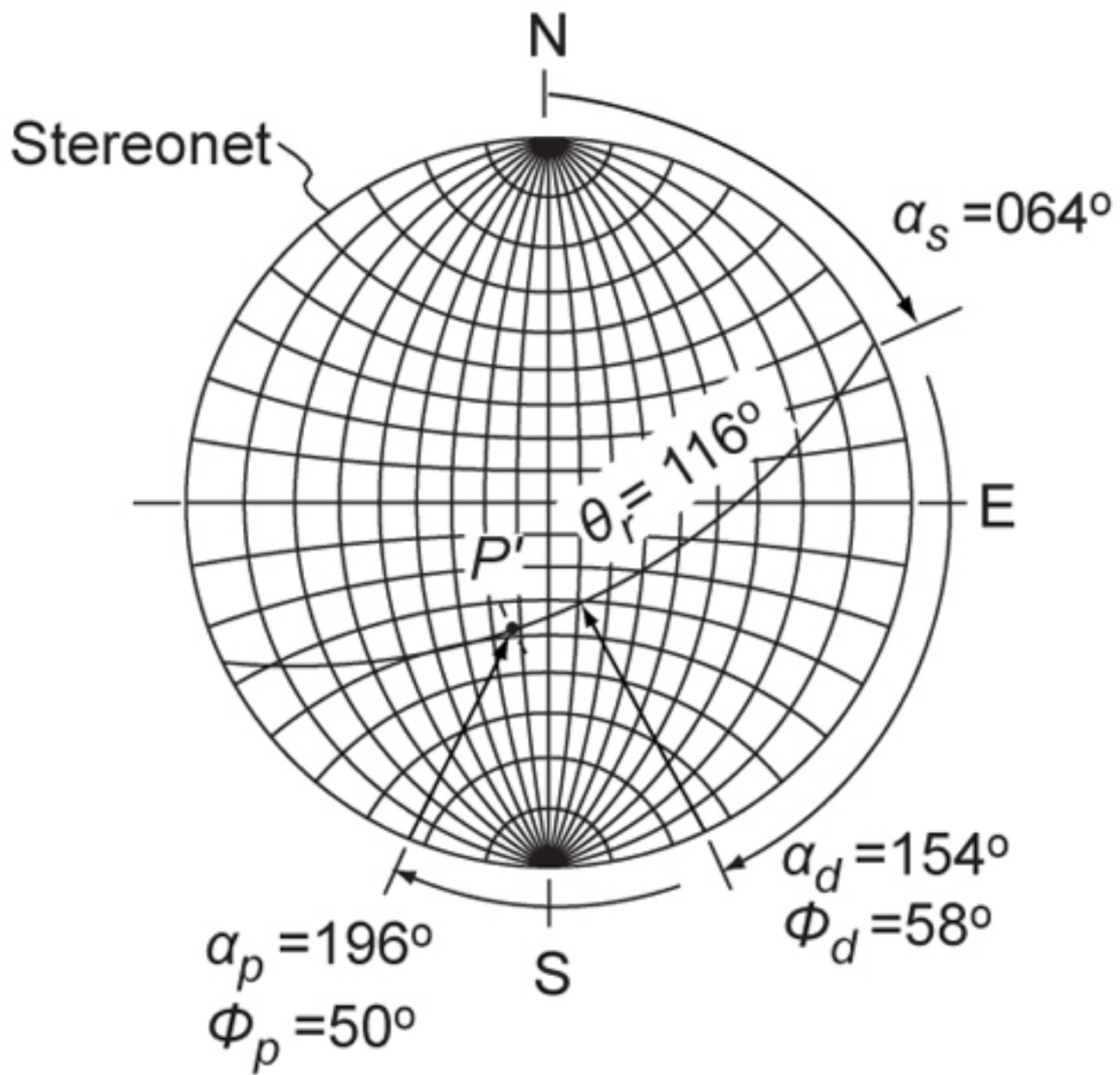




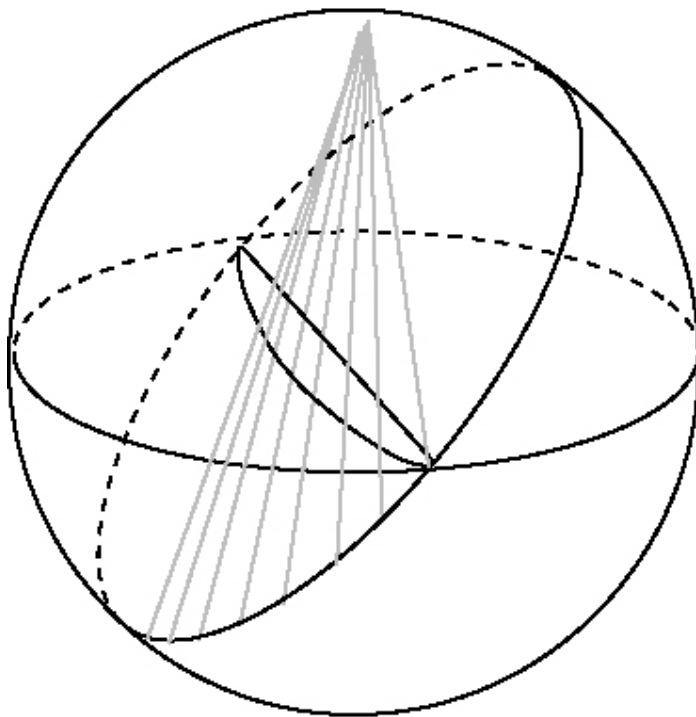




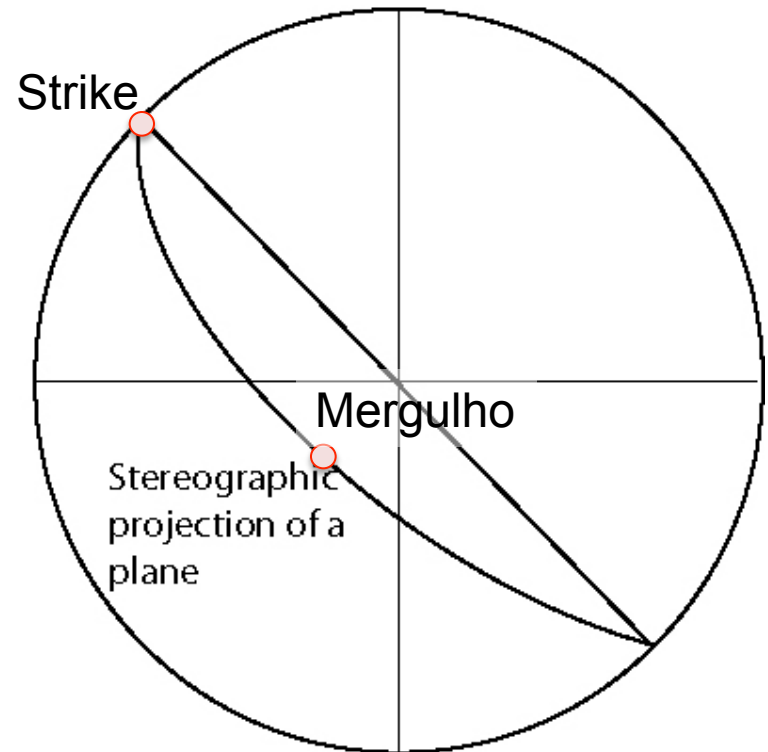




Se a orientação de duas linhas de um mesmo plano podem ser determinadas, então a orientação completa do plano também pode ser determinada (na verdade, ao medirmos strike e mergulho, estamos medindo duas linhas, mas com características especiais – elas correspondem às linhas contidas nos planos horizontal e vertical).

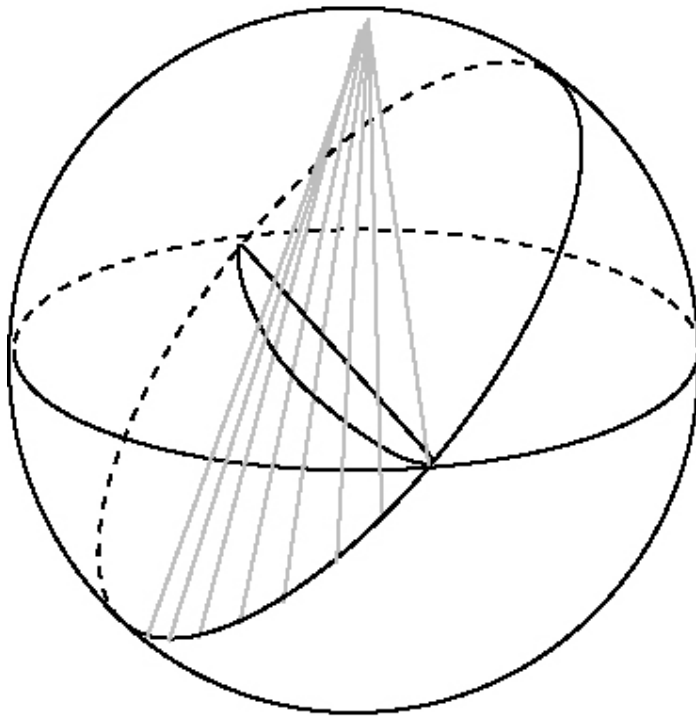


Spherical Projection of a plane

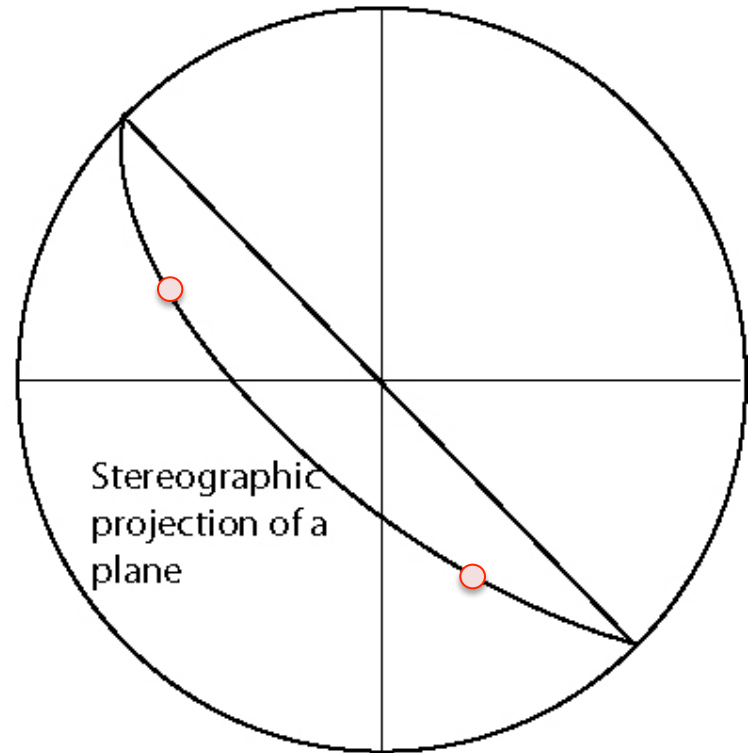


equatorial plane

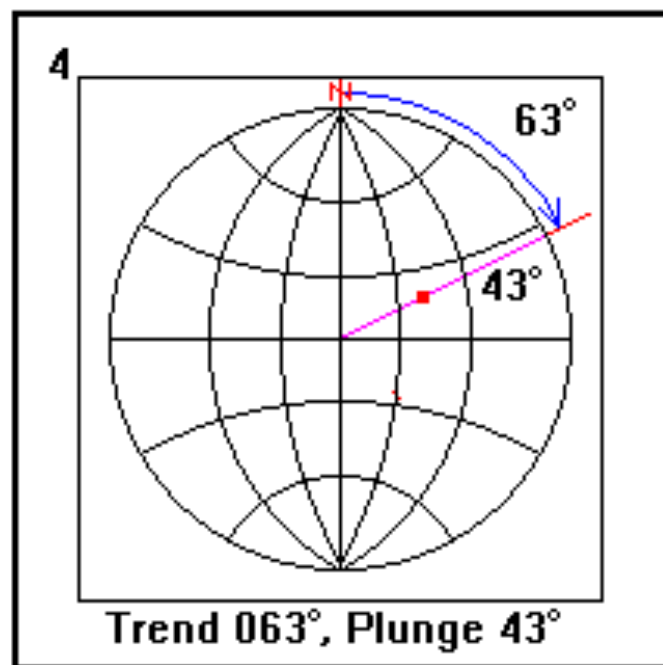
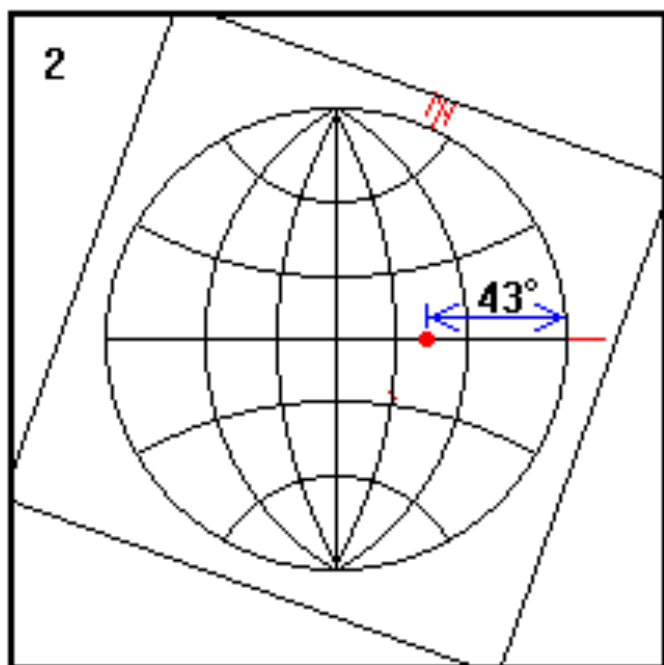
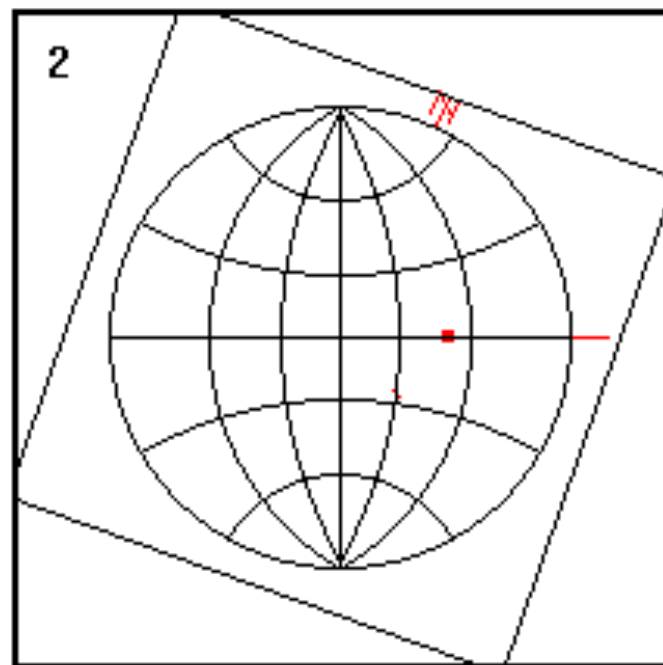
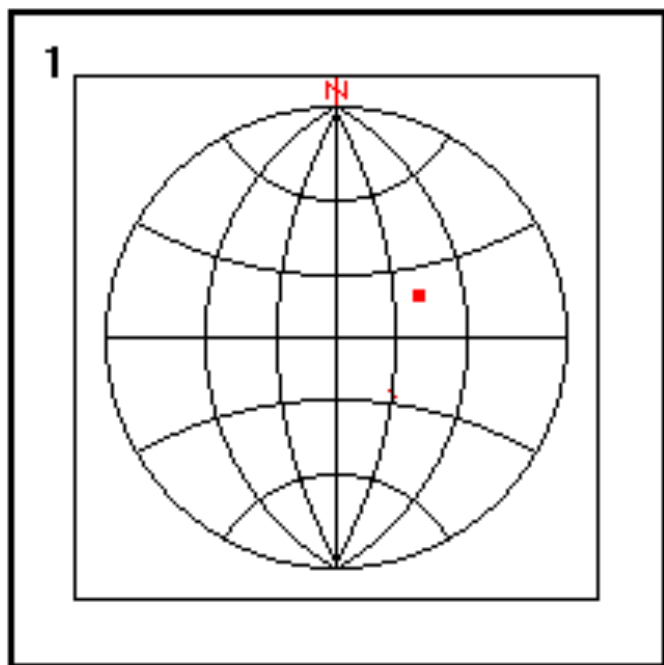
Se a orientação de duas linhas de um mesmo plano podem ser determinadas, então a orientação completa do plano também pode ser determinada (na verdade, ao medirmos strike e mergulho, estamos medindo duas linhas, mas com características especiais – elas correspondem às linhas contidas nos planos horizontal e vertical).



Spherical Projection of a plane



equatorial plane





Alguns aplicativos para celular ou tablet, que medem a atitude das camadas e que plotam diretamente no estereograma:

Field Move (ipad, android)

<http://www.mve.com/digital-mapping>

GeoFieldBook (iphone, ipad)

<https://itunes.apple.com/us/app/geofieldbook/id526812324?mt=8>

GeoID

<https://itunes.apple.com/br/app/geoid/id437190196?mt=8>

Há vários outros (pesquisem e usem !).