



**ESCOLA POLITÉCNICA DA USP**  
**PEF-3309 – Mecânica dos Solo Ambiental**

## **Aula 11**

**Estado de Tensões e Circulo  
de Mohr**

# INTRODUÇÃO



# INTRODUÇÃO



# INTRODUÇÃO



# INTRODUÇÃO



# INTRODUÇÃO



# INTRODUÇÃO



# INTRODUÇÃO

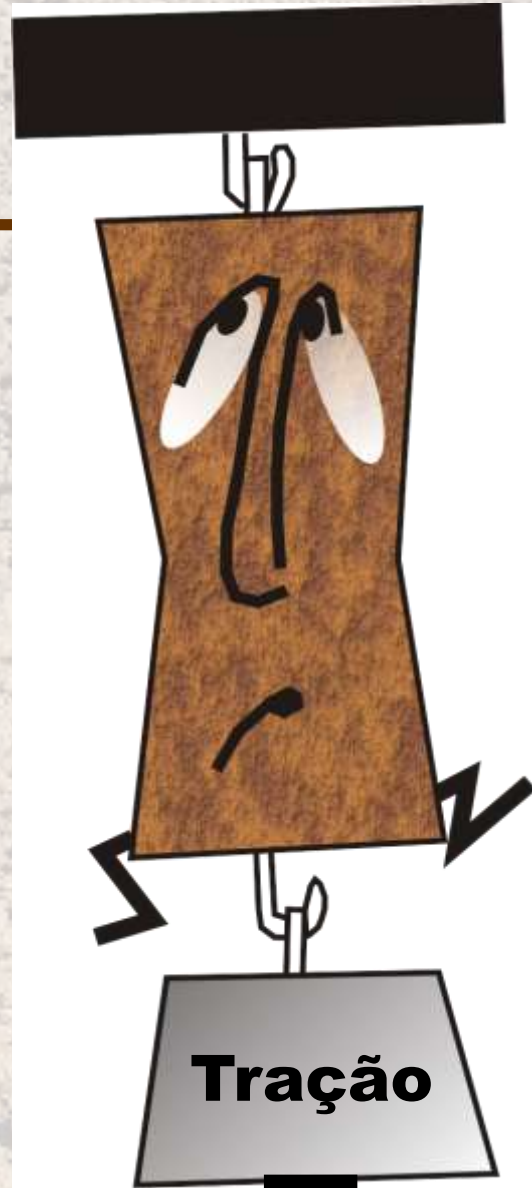
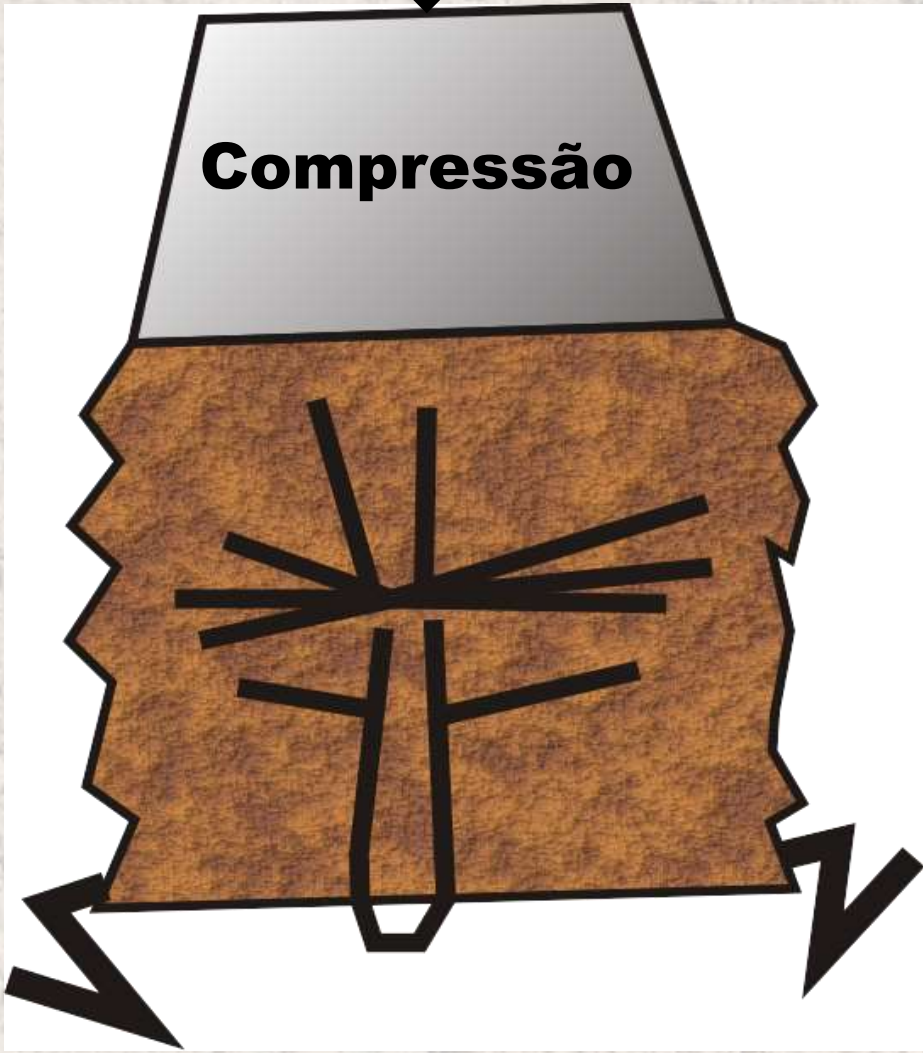


**POR QUE E QUANDO ESSSES ACIDENTES  
ACONTECEM???**





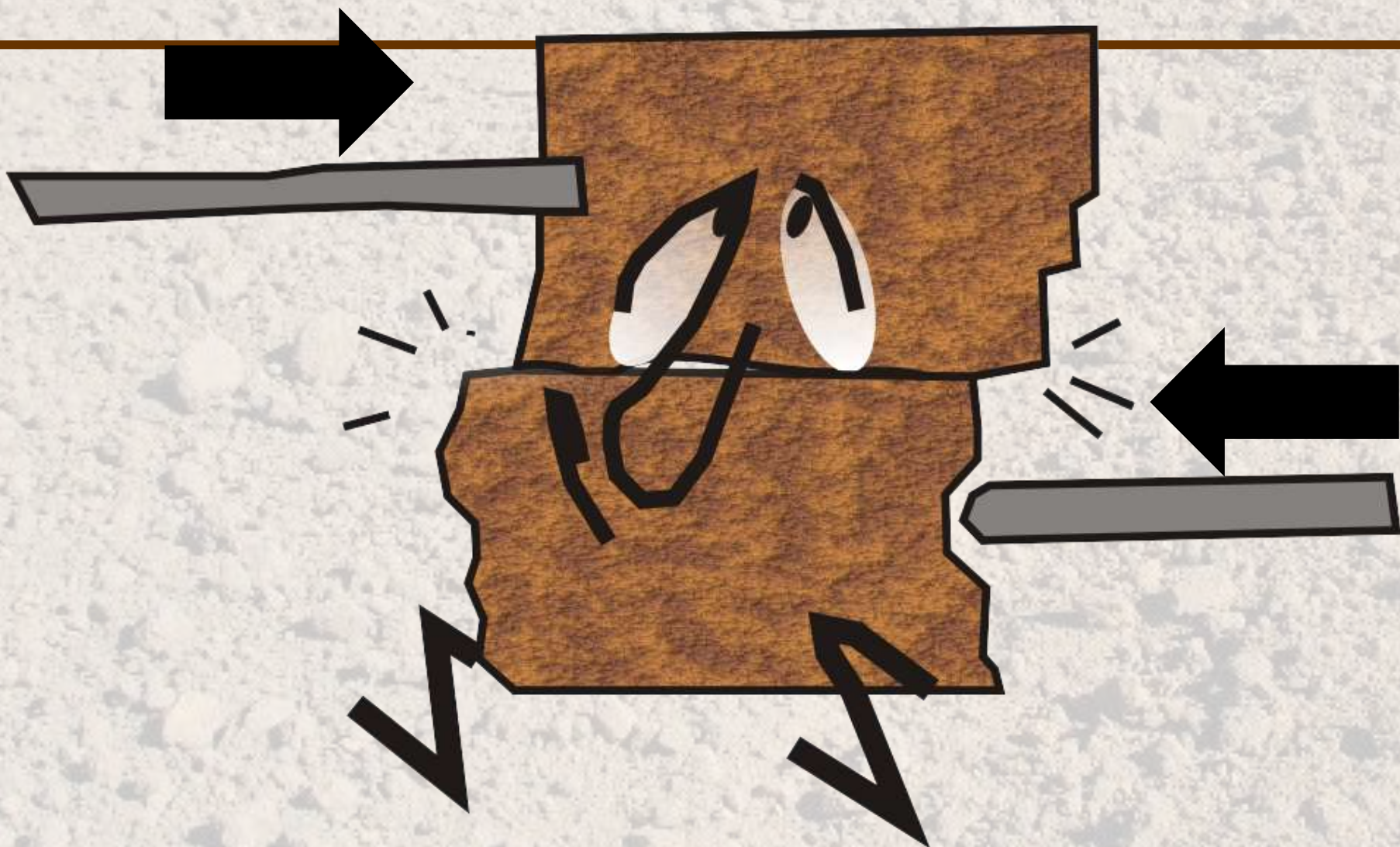
**Compressão**



**Tração**

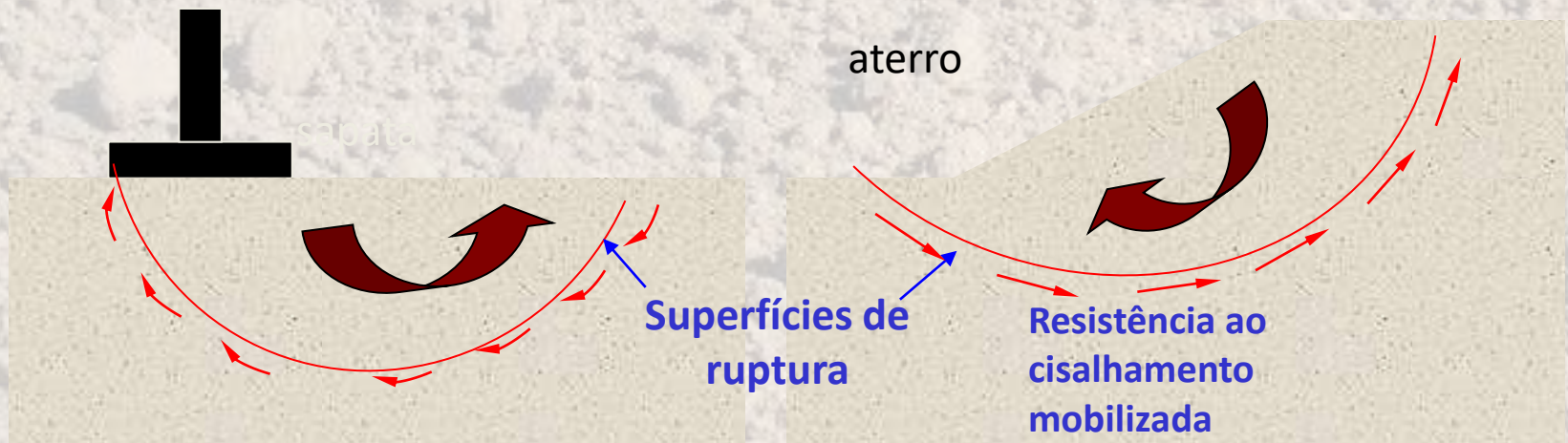


# Cisalhamento



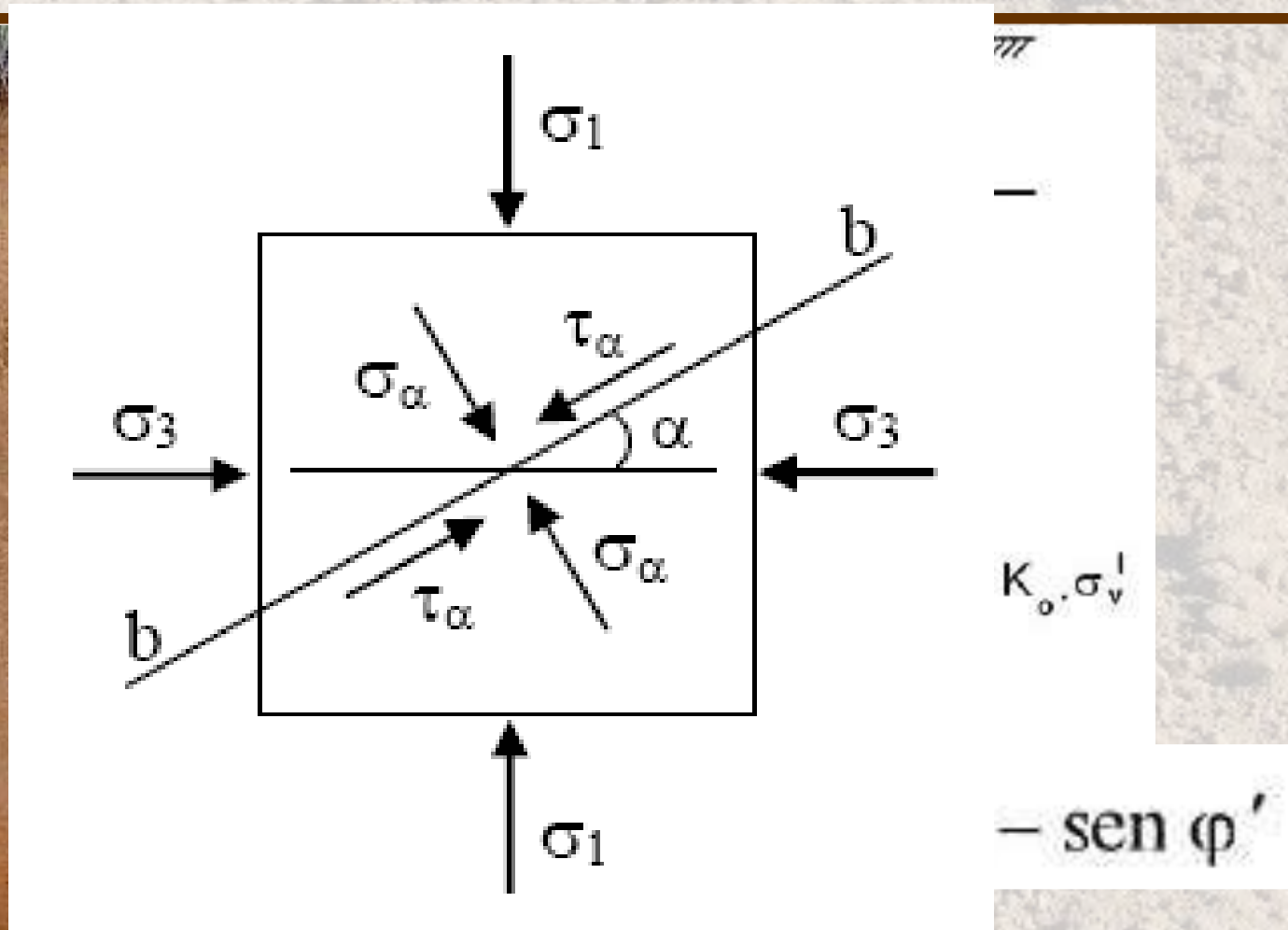
# Por que o solo rompe?

- No caso dos solos, são consideradas somente as solicitações por cisalhamento.
- De uma forma bastante geral, os solos rompem por cisalhamento:



- Portanto, quando analisamos a resistência de um solo, estamos analisando a mobilização de sua **resistência ao cisalhamento**.

# Estado de Tensões



# Estado de Tensões

## Tensões Principais:

$$\sigma_3 < \sigma < \sigma_1$$

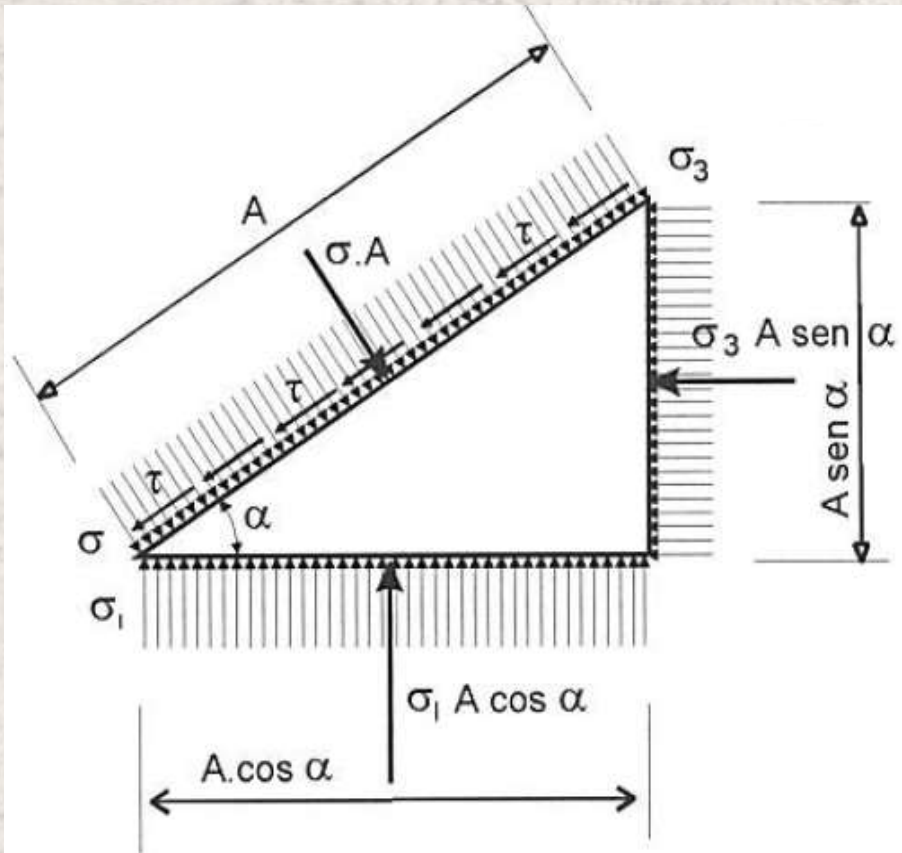
$\sigma_1$  = tensão principal maior → plano principal maior  
( $\tau = 0$ )

$\sigma_3$  = tensão principal menor → plano principal menor  
( $\tau = 0$ )

$\sigma_2$  = tensão principal intermediária → ( $\tau = 0$ )  
(  $\sigma_3 < \sigma_2 < \sigma_1$  )

Os planos principais são ortogonais entre si.

# Estado Plano de Tensões



*Forças na direção normal ao plano considerado:*

$$\sigma_{\alpha} \cdot A = \sigma_1 \cdot A \cdot \cos^2 \alpha + \sigma_3 \cdot A \cdot \sin^2 \alpha$$

*Forças na direção tangencial ao plano considerado:*

$$\tau_{\alpha} \cdot A = \sigma_1 \cdot A \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha - \sigma_3 \cdot A \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha$$

*Transformações geométricas:*

$$\sigma_{\alpha} = \sigma_1 \cdot \cos^2 \alpha + \sigma_3 \cdot \sin^2 \alpha$$

$$\sigma_{\alpha} = \frac{\sigma_1}{2} \cdot (1 + \cos 2\alpha) + \frac{\sigma_3}{2} \cdot (1 - \cos 2\alpha)$$

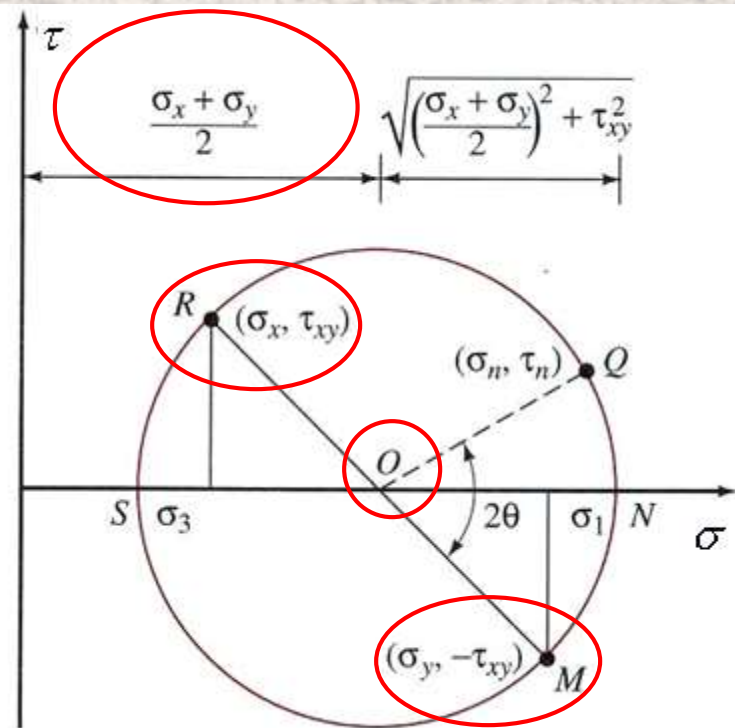
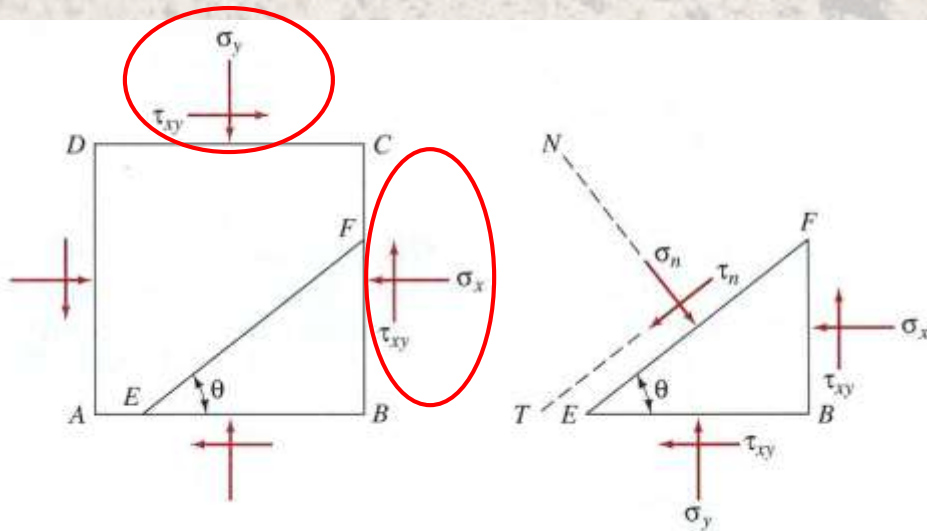
$$\tau_{\alpha} = (\sigma_1 - \sigma_3) \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha$$

$$\sigma_{\alpha} = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \cdot \cos 2\alpha$$

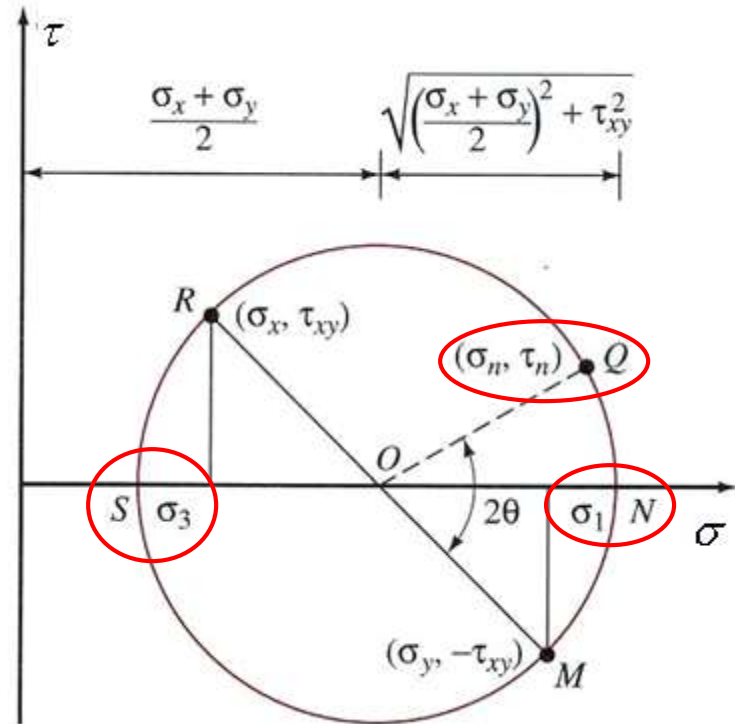
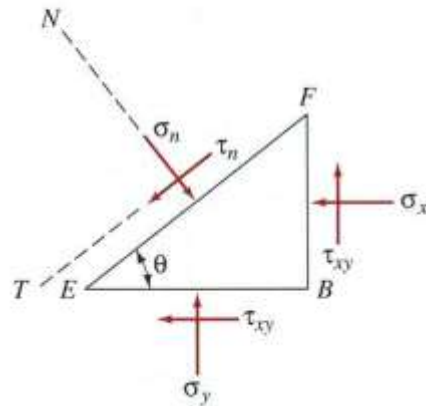
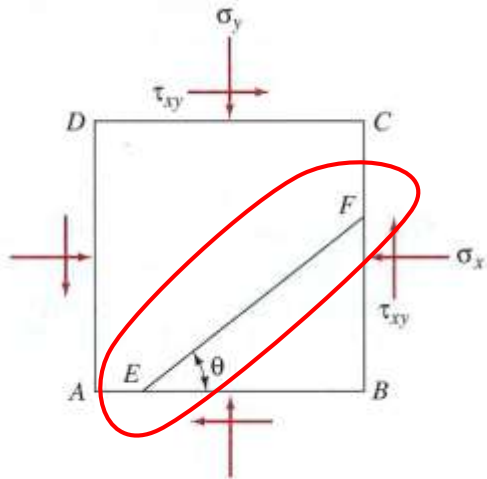
$$\tau_{\alpha} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \cdot \sin 2\alpha$$

# Círculos de Mohr

- Tensão normal* e a *tensão de cisalhamento* atuantes em qualquer plano, podem ser determinadas graficamente através do Círculo de Mohr.



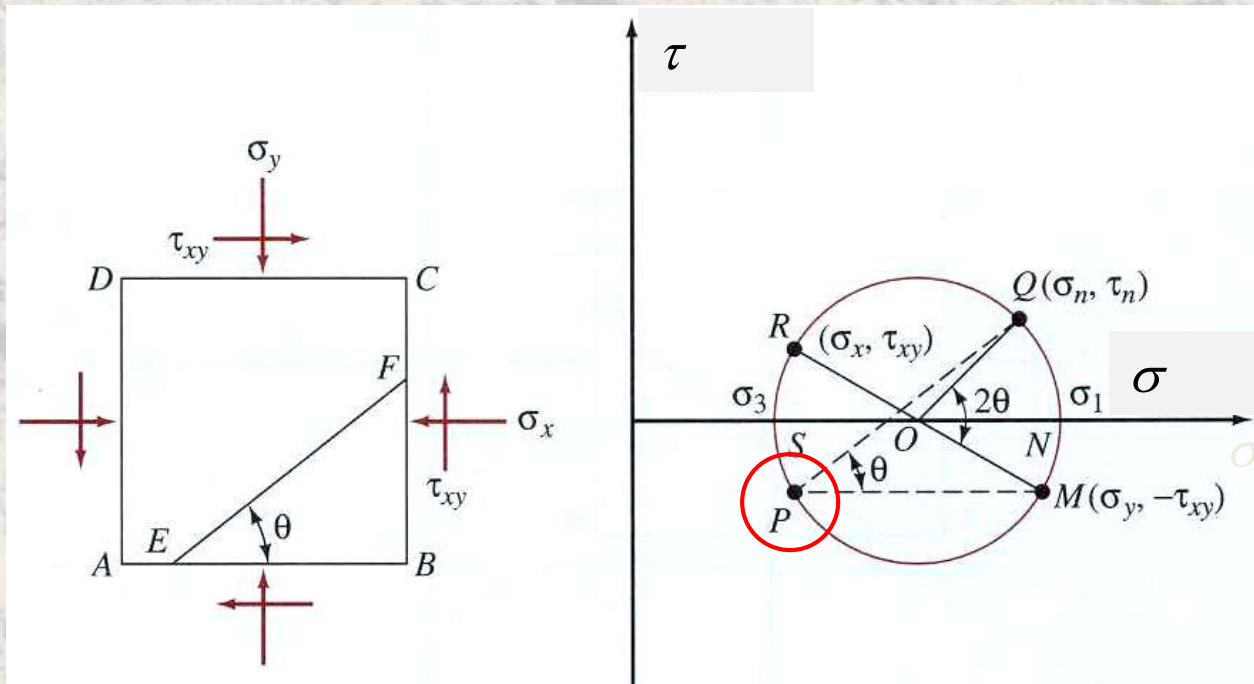
# Círculos de Mohr



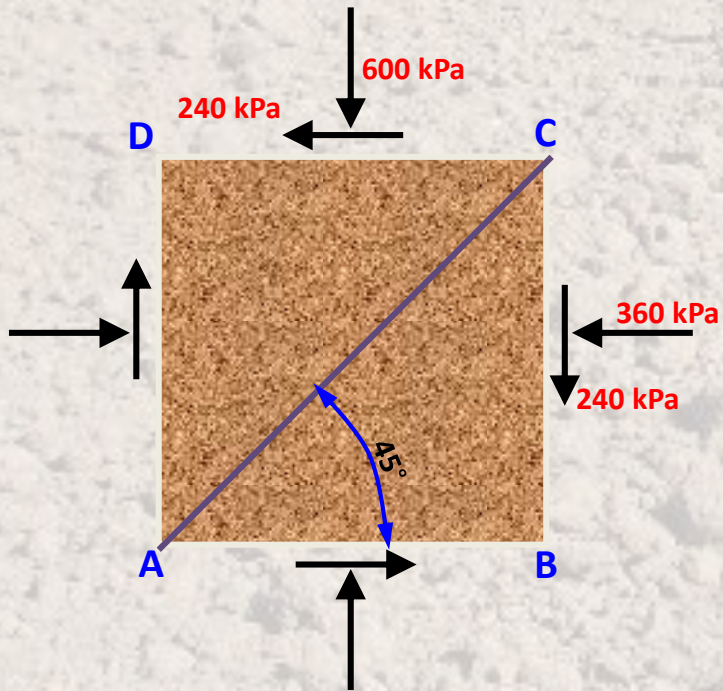


# Círculos de Mohr - Pólo

- Retas ( $RP$ ) e ( $MP$ ), paralelas aos planos  $DA$  e  $BA$  definem o **polo**.
- O polo é um ponto **único** a partir do qual é possível determinar estados de tensão em qualquer plano

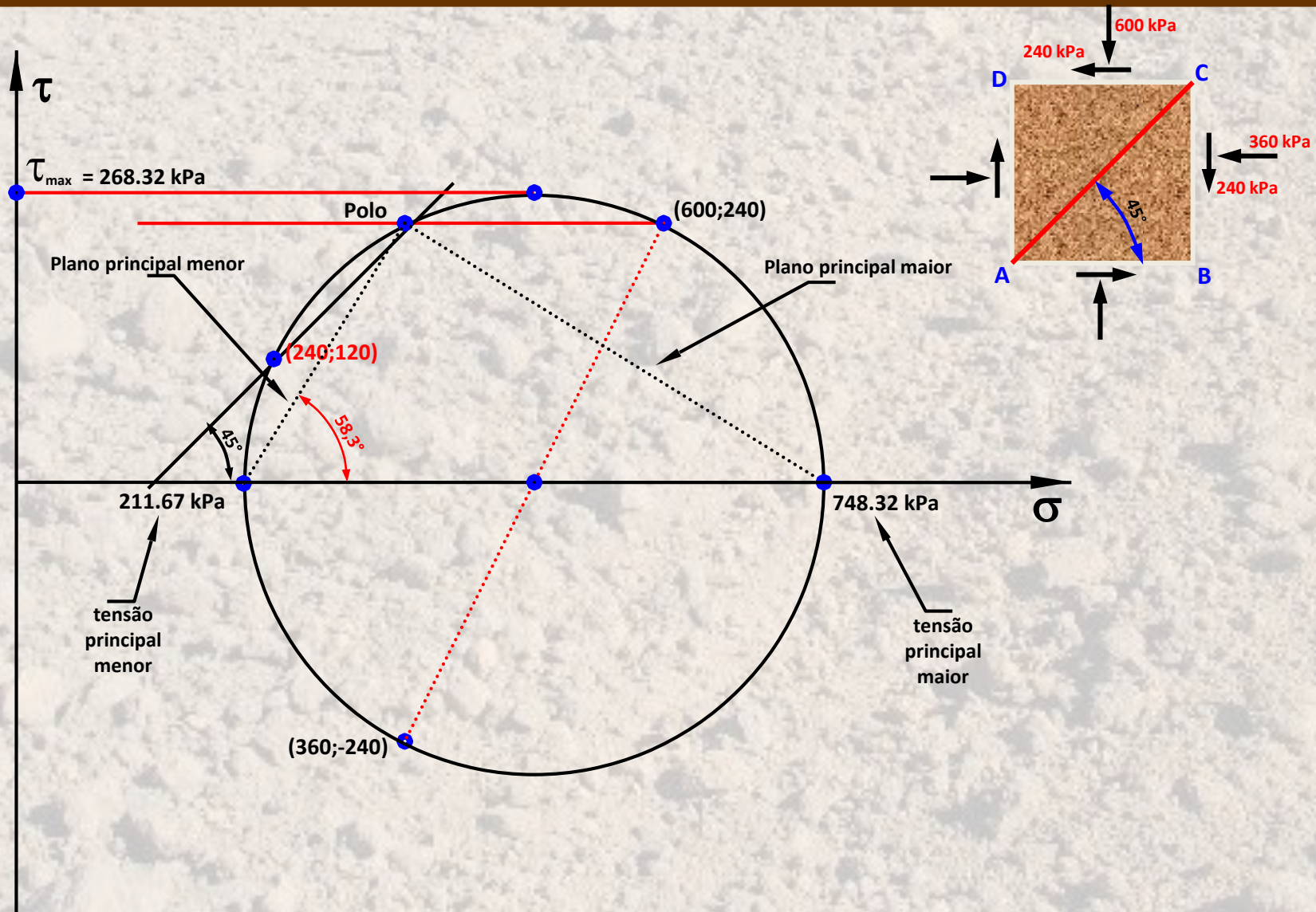


# Círculos de Mohr - Exemplo 1



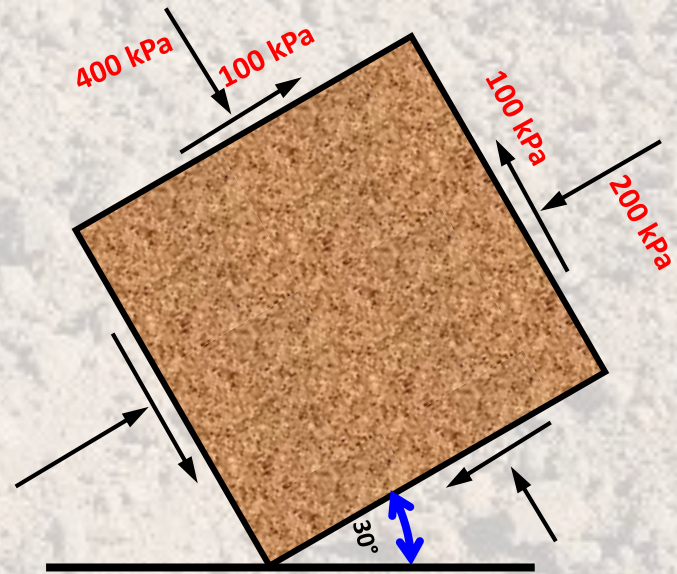
- Usando círculo de Mohr, determinar:
  - Tensão principal maior
  - Tensão principal menor
  - Tensões no plano AC
  - Direções dos planos principais
  - Máxima tensão de cisalhamento

# Círculos de Mohr - Exemplo de aplicação

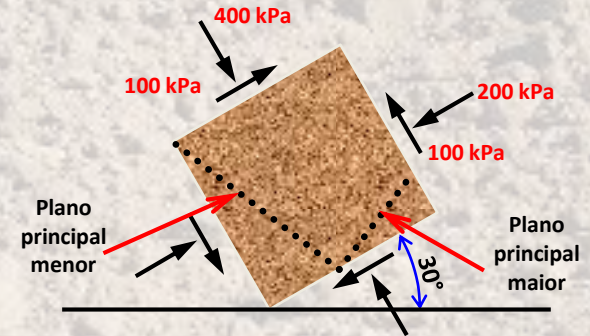
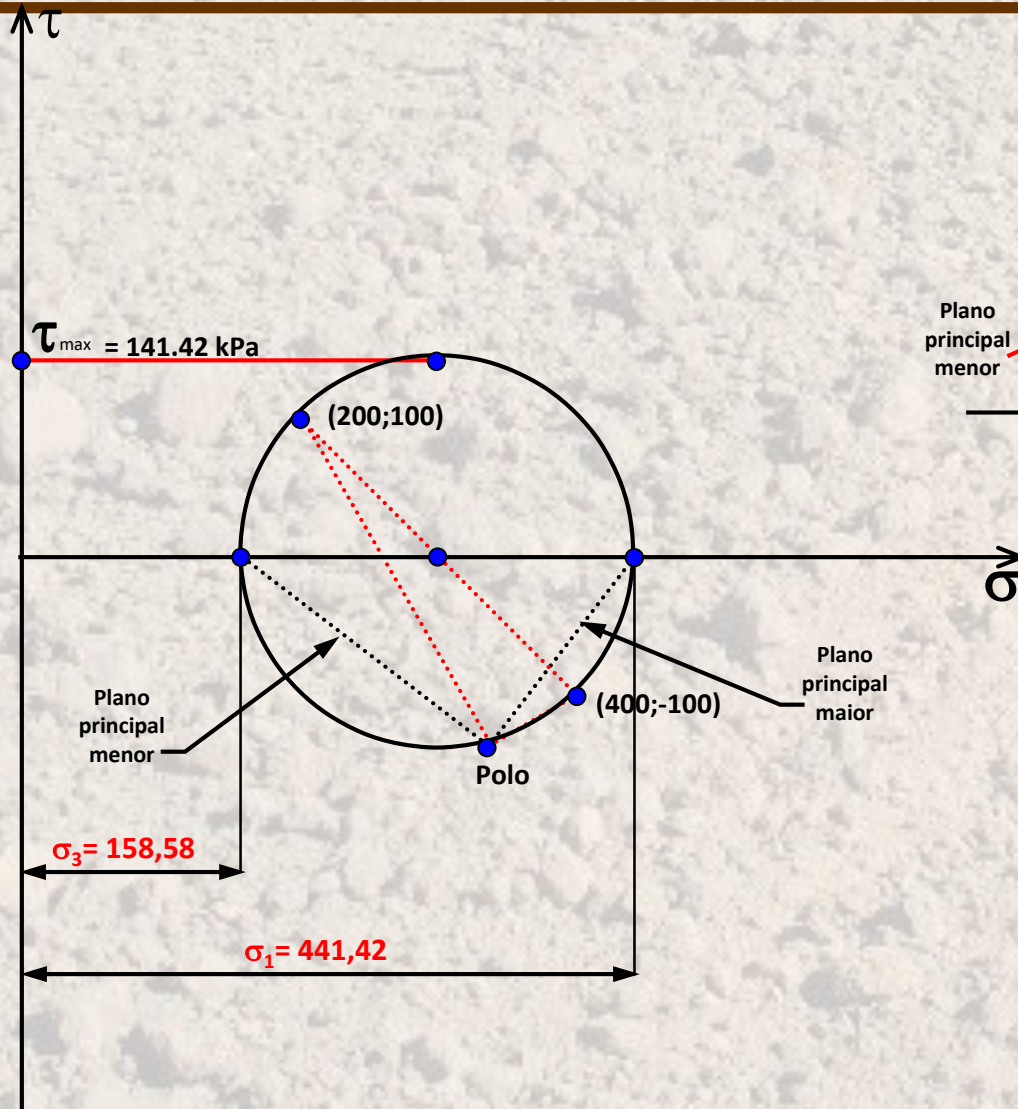


# Círculos de Mohr - Exemplo 2

- Para o elemento de solo mostrado na figura abaixo, determinar:
  - Tensão principal maior
  - Tensão principal menor
  - Direções dos planos principais
  - Máxima tensão de cisalhamento



# Círculos de Mohr - Exemplo de aplicação



# Círculos de Mohr - Exemplo 3 - Casa

- Para o elemento de solo mostrado na figura abaixo, determinar:
  - Tensão principal maior
  - Tensão principal menor
  - Direções dos planos principais
  - Máxima tensão de cisalhamento
  - Tensões atuantes no plano (DE)

