

Resistência ao Cisalhamento

Fernando A. M. Marinho

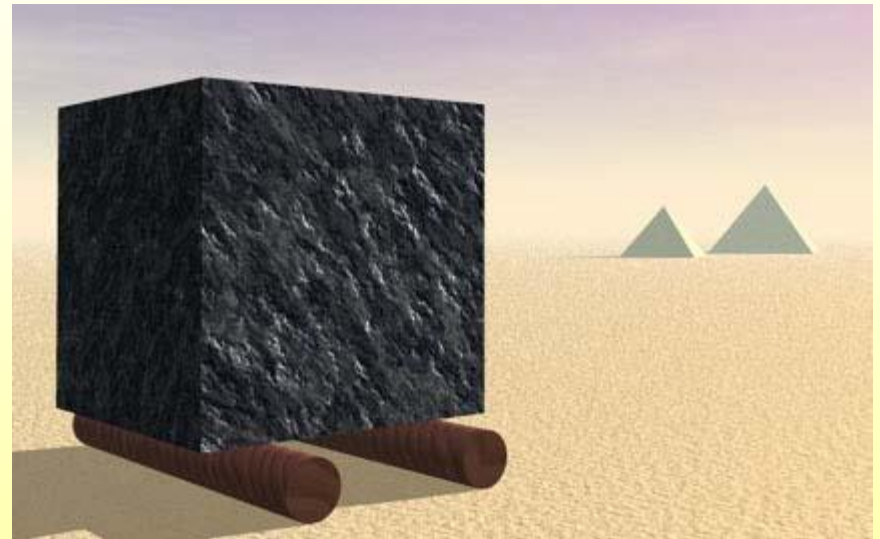
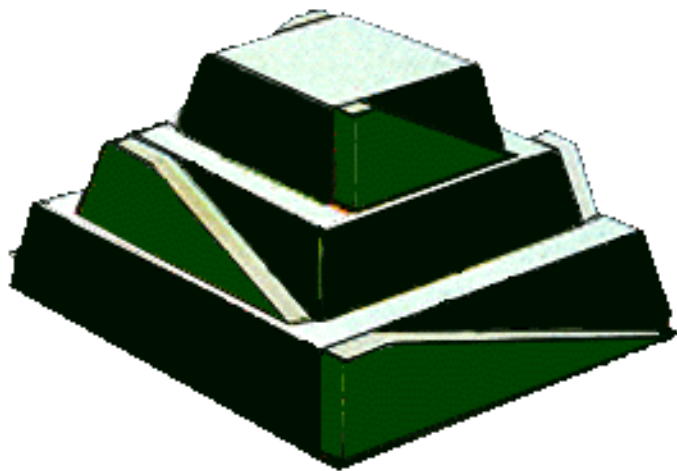
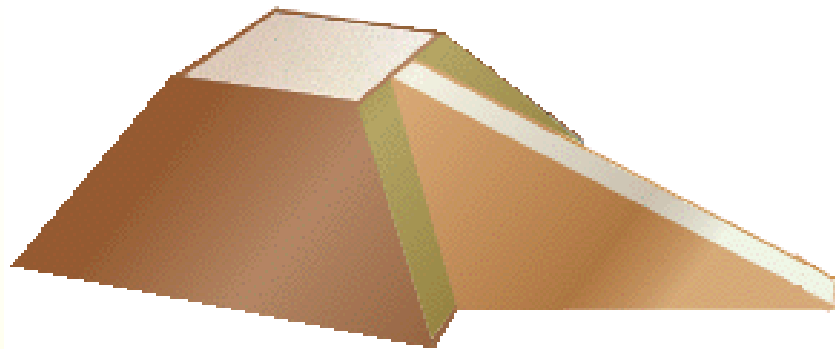
2019

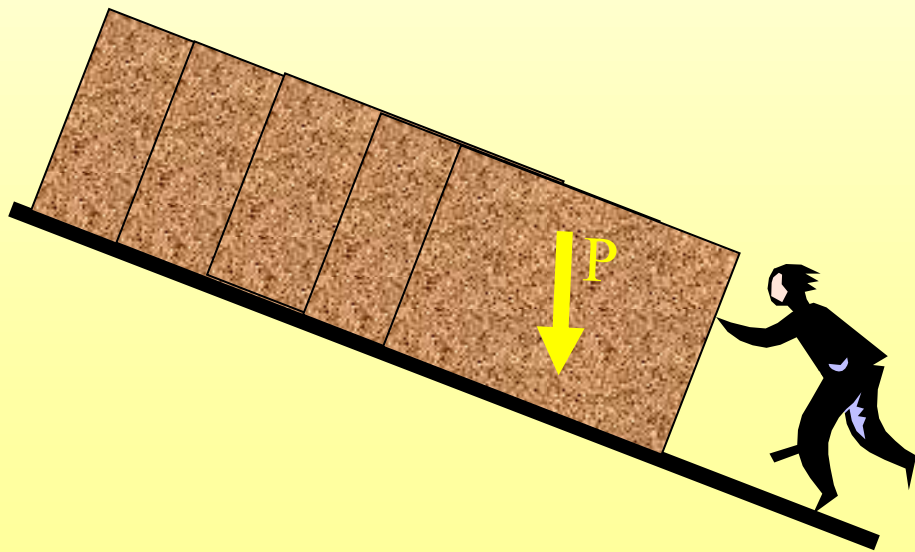
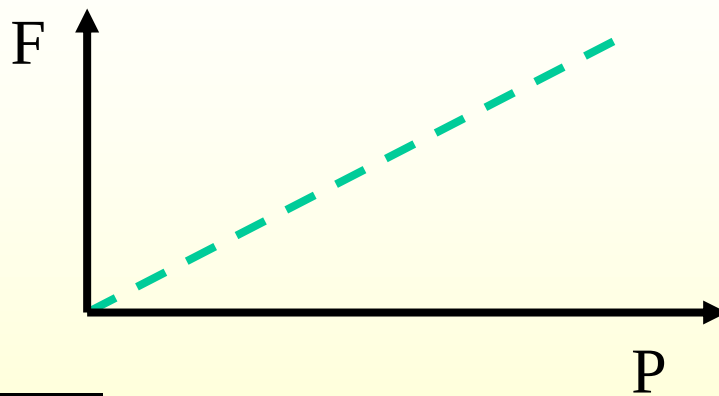
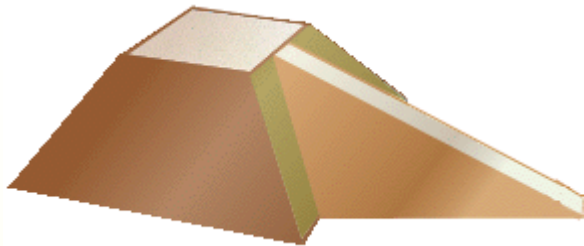
O que é resistência ?

É a habilidade do material de resistir a deformação ?



Resistência de um material é a máxima carga que este material pode suportar antes da ruptura ficar aparente.





O solo é um material friccional

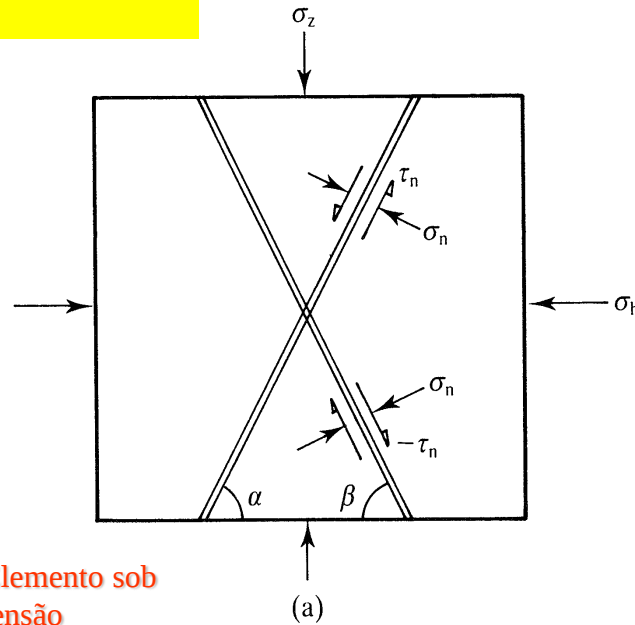
Isto significa que a sua resistência (ou seja a máxima tensão cisalhante que o solo pode suportar) aumenta com a tensão normal.

Desta forma, a relação de tensões

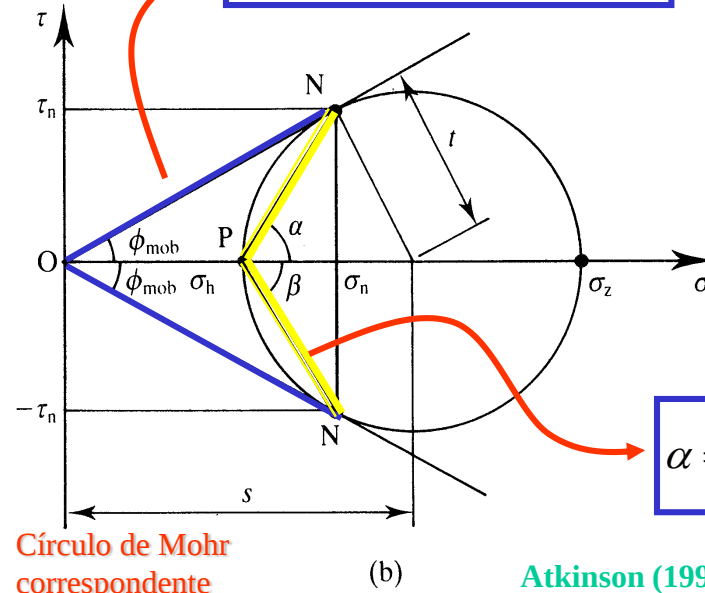
$$\frac{\tau}{\sigma} \rightarrow \begin{array}{l} \text{tensão cisalhante} \\ \text{tensão normal} \end{array}$$

é mais importante do que a tensão cisalhante sozinha.

$$\frac{\tau}{\sigma} = \tan \phi_{mob}$$



$$\frac{\tau}{\sigma} = \tan \phi_{mobilizado}$$



Planos onde a ruptura ocorre

$$\alpha = \beta = 45^\circ + \frac{\phi_{mob}}{2}$$

Atkinson (1993)

Da geometria da figura (b) temos que:

$$t = \frac{1}{2}(\sigma_z - \sigma_h)$$

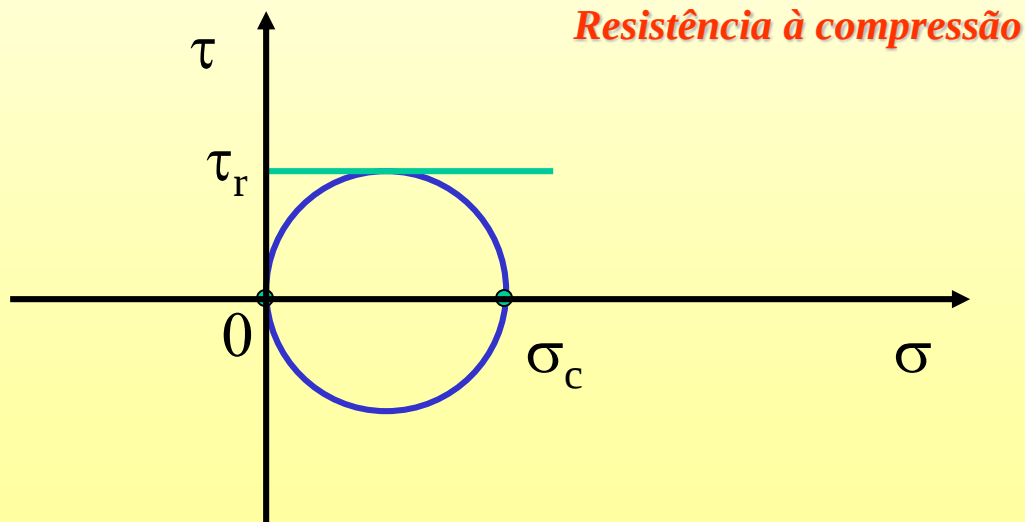
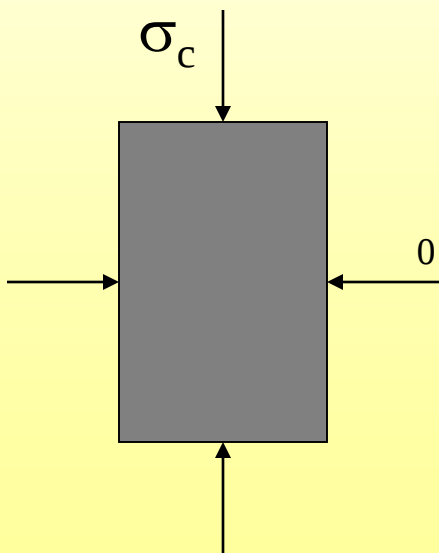
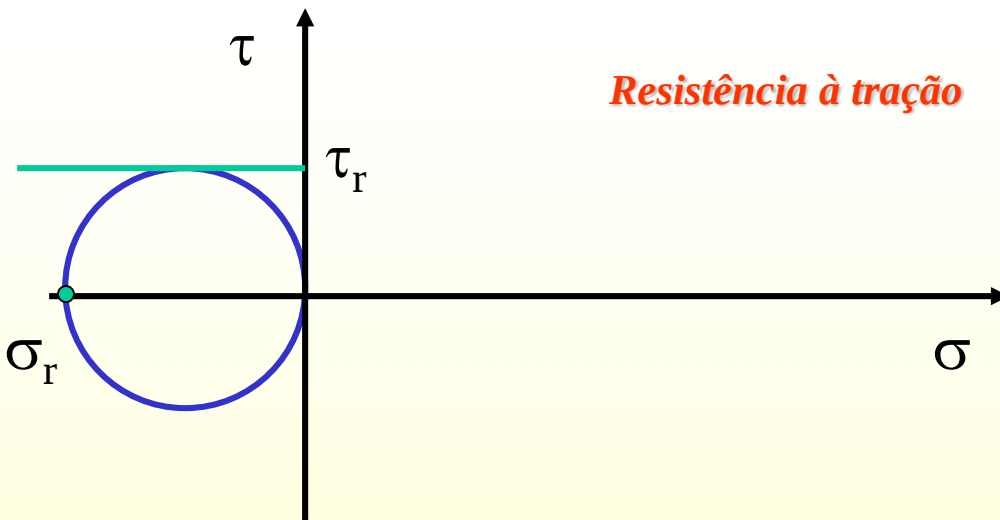
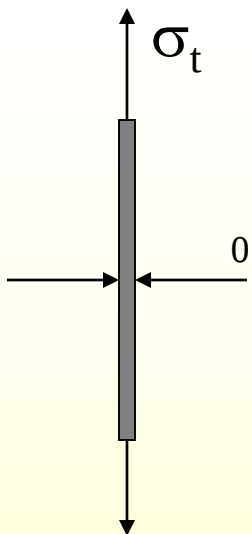
$$s = \frac{1}{2}(\sigma_z + \sigma_h)$$

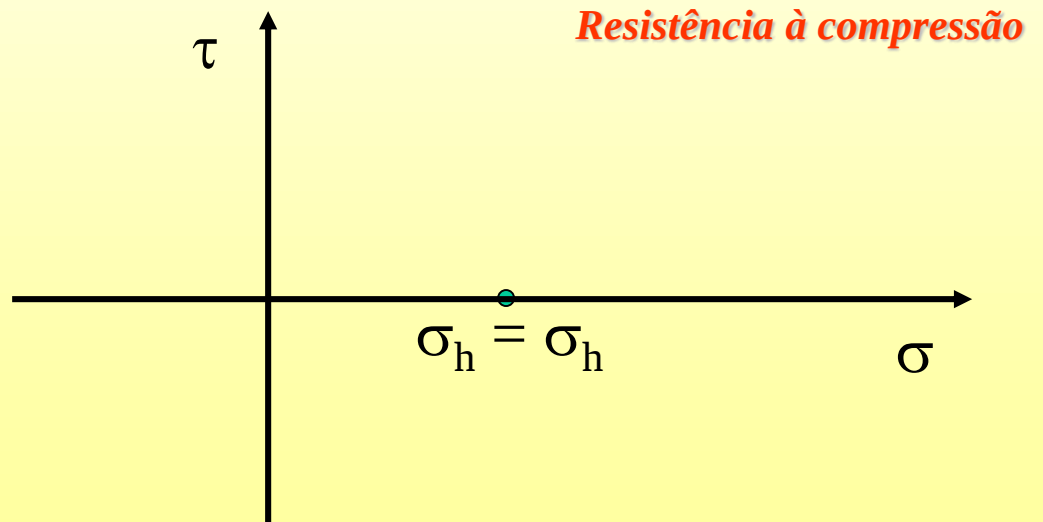
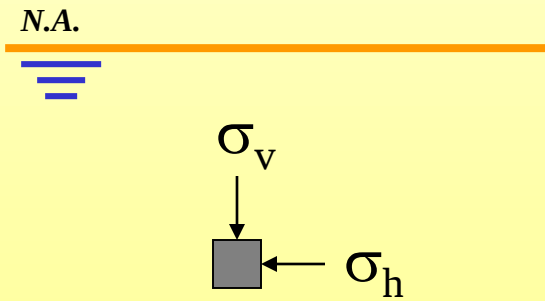
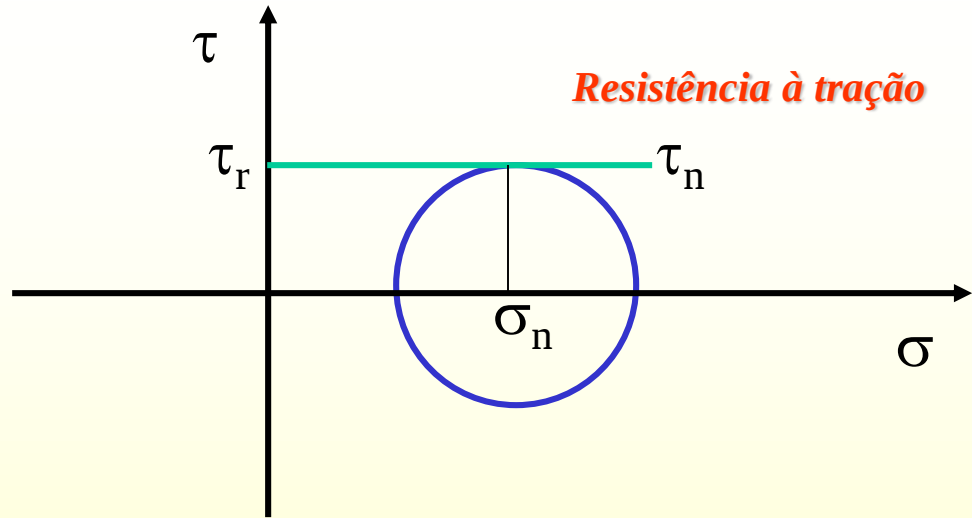
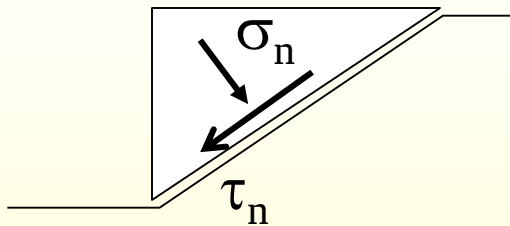
$$\frac{t}{s} = \tan \phi_{mob} = \frac{(\sigma_z - \sigma_h)}{(\sigma_z + \sigma_h)}$$

ou

$$\frac{\sigma_z}{\sigma_h} = \frac{1 + \tan \phi_{mob}}{1 - \tan \phi_{mob}} = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi_{mob}}{2} \right)$$

$$K_a = \frac{\sigma_h}{\sigma_z} = \frac{1 - \tan \phi_{mob}}{1 + \tan \phi_{mob}} = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi_{mob}}{2} \right)$$







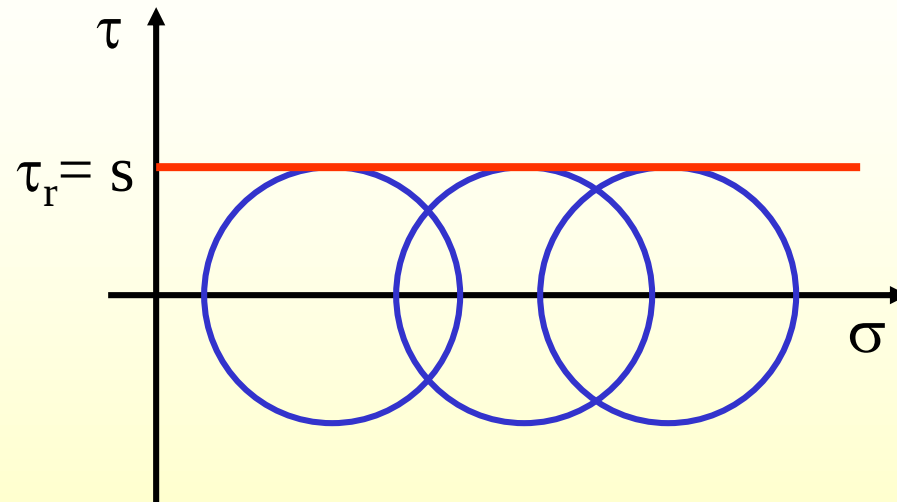
- ✓ **Materiais que possuem resistência podem sustentar tensões cisalhantes.**
- ✓ **Apenas materiais com resistência pode ter taludes porque é necessário resistência ao cisalhamento para manter um talude.**

Principais aspectos responsáveis pela resistência ao cisalhamento.

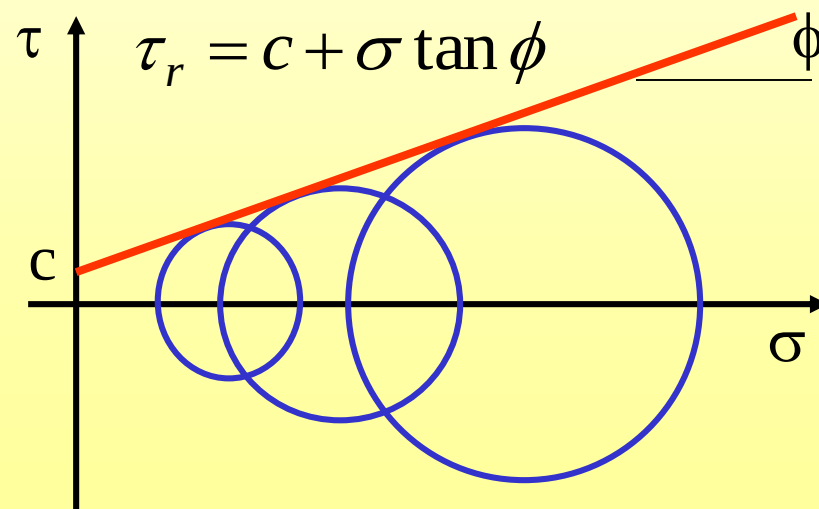
- O tipo de mineral
 - A quantidade de cada mineral
 - Forma e distribuição das partículas
-
- Teor de umidade / Grau de Saturação
 - Densidade / índice de vazios
 - Estrutura

Para solos temos dois critérios de ruptura principais:

■ **Tresca**



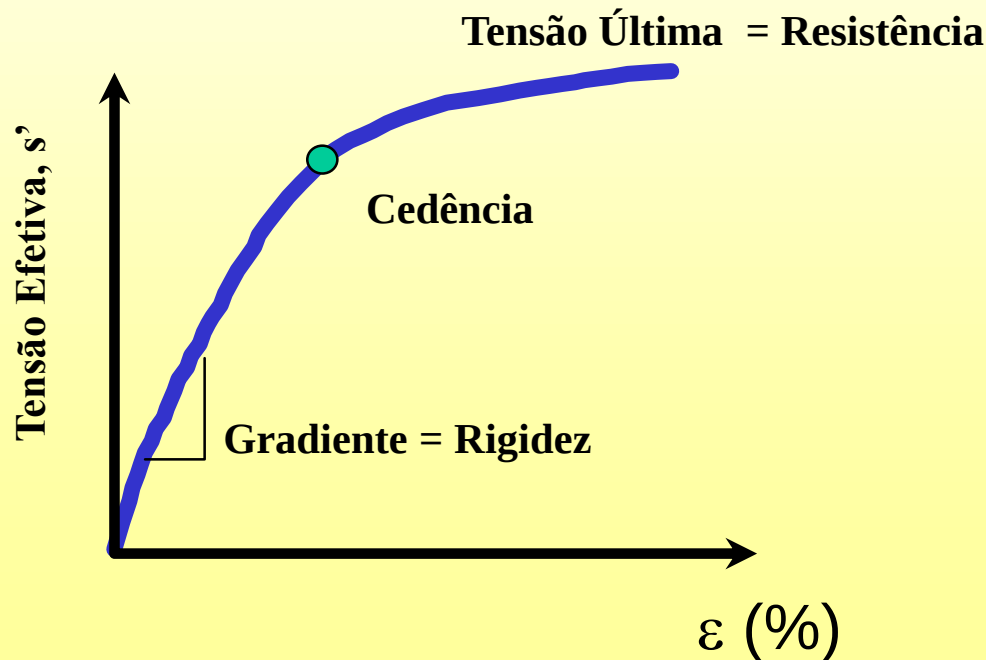
■ **Mohr-Coulomb**



Comportamento Tensão-Deformação, Rigidez e Resistência

- Para se poder analisar qualquer tipo de estrutura, ou qualquer material sólido é necessário se ter a relação entre tensão e deformação.
- Esta relação é chamada de relação constitutiva e pode ter várias formas dependendo do material e do carregamento imposto.

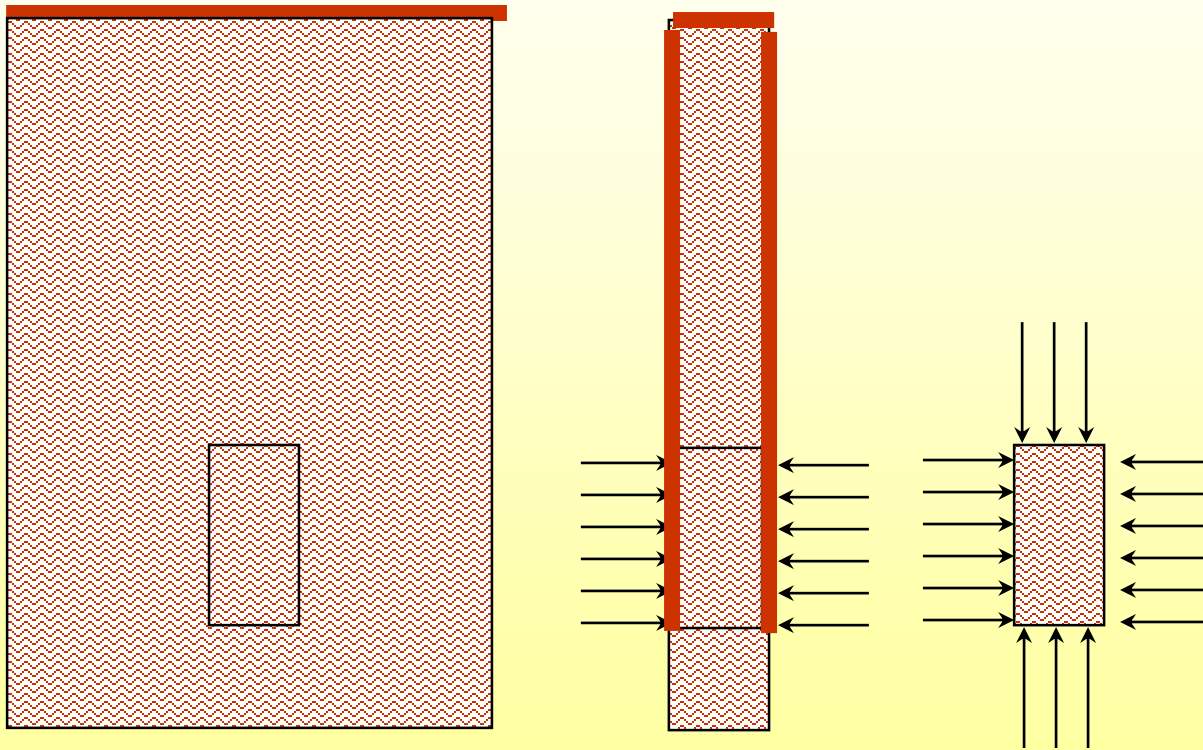
Curva Tensão-Deformação Típica de um Solo

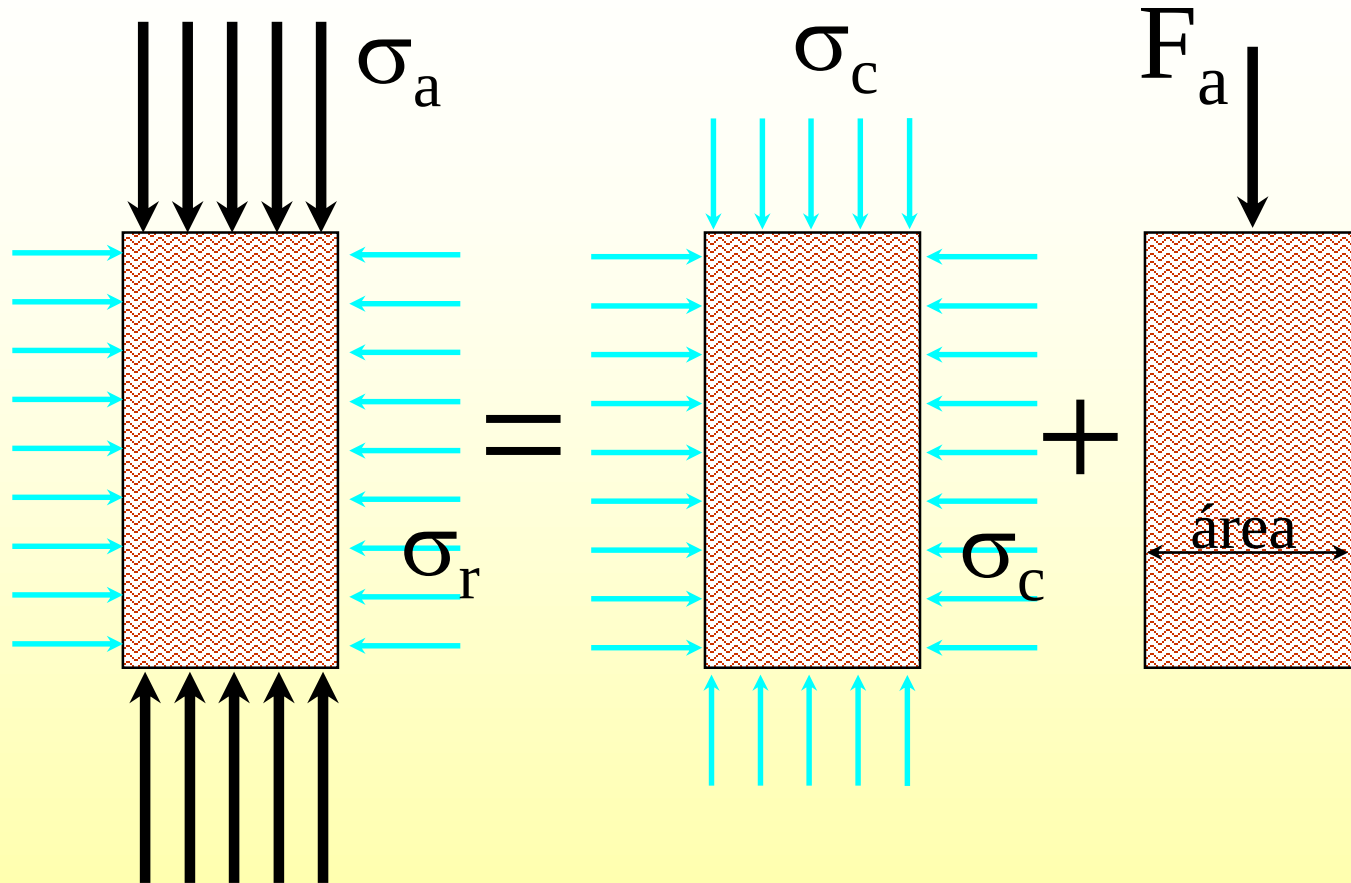




Fei Tsui Road Landslide

Substituição das Tensões de Campo



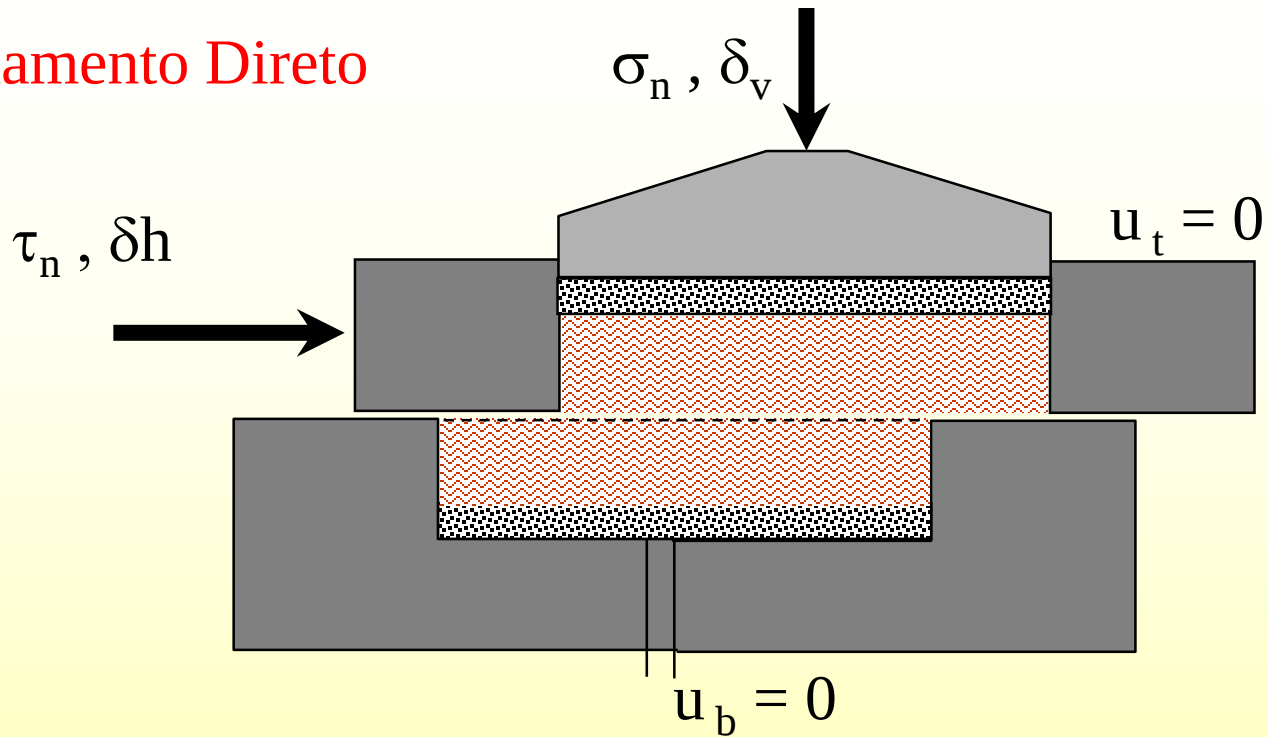
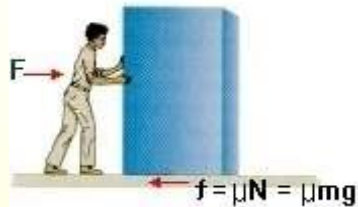


$\sigma_r = \text{Tensão radial} = \sigma_c \text{ (tensão confinante)}$

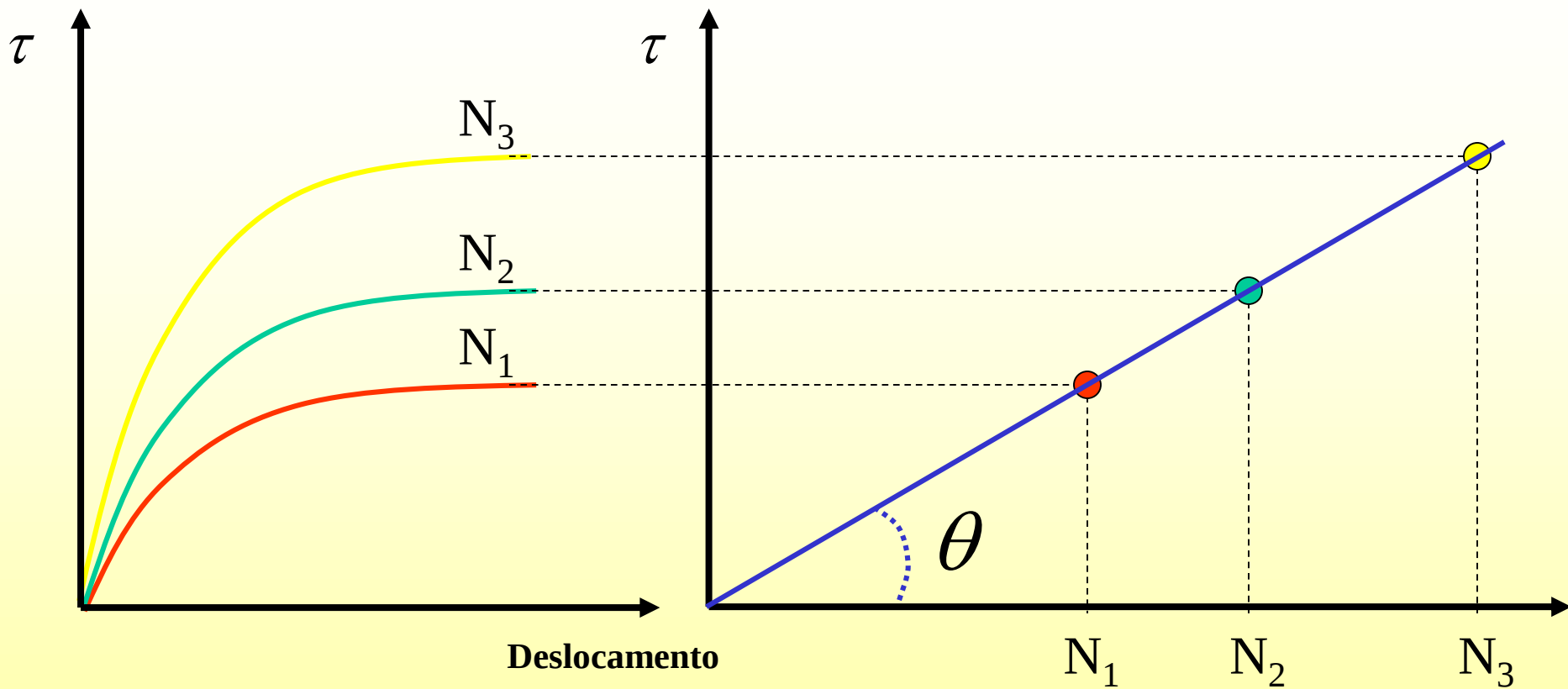
Ensaaios para a Determinação da Resistência dos Solos

Ensaio de Cisalhamento

Cisalhamento Direto



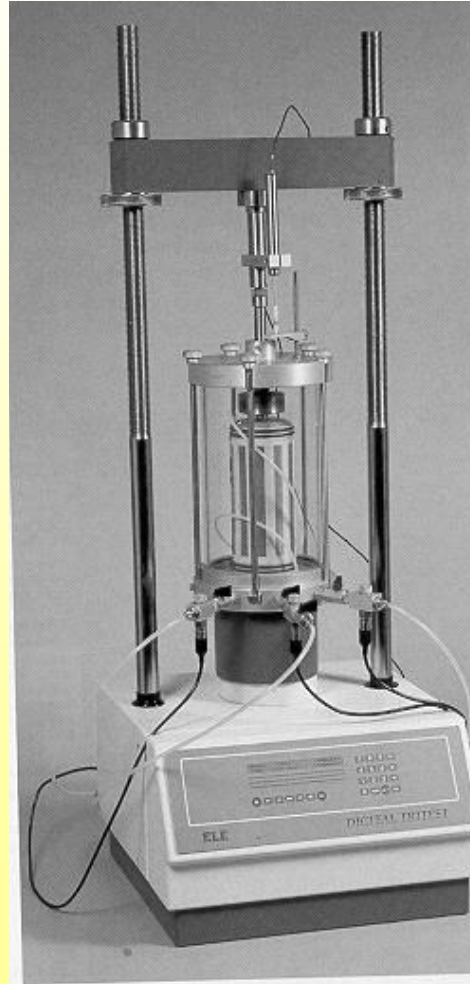
- ✓ Obrigado a cisalhar ao longo de um plano horizontal definido pela separação entre caixas.
- ✓ σ_n = Pesos.
- ✓ τ imposto com deslocamentos com velocidade constante.
- ✓ δh e δv medidos.
- ✓ Drenagem pelo topo e pela base.
- ✓ u_t e u_b iguais a zero.
- ✓ Caso o solo seja argiloso e o ensaio seja relativamente rápido pode-se considerar o ensaio não drenado, no entanto não se pode medir a poro-pressão.
- ✓ O estado de tensão e deformação não são uniformes, particularmente nas bordas.



$$\tau = N \tan \theta$$

Ensaio Triaxial Convencional

O ensaio triaxial é o mais comum e versátil ensaio para solos existente.

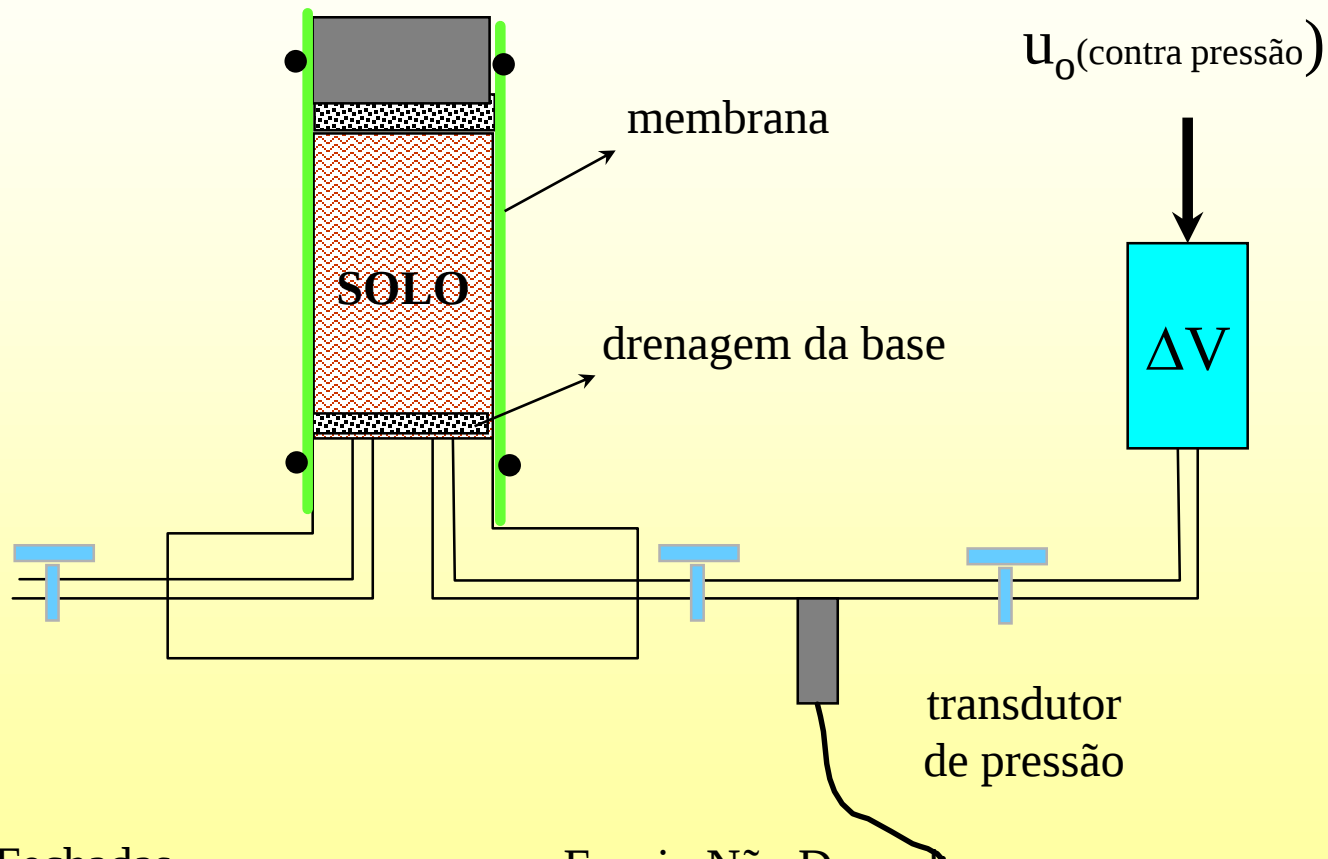


Ensaio Convencional

- A amostra é comprimida isotropicamente, de forma drenada ou não drenada até o estado inicial requerido.
- O pistão é então posto em contato com o cabeçote. Toma-se como zero as deformações e a amostra é cisalhada pelo aumento da tensão desviadora (q).
- Isto pode se dar de forma drenada ou não drenada.
- O carregamento é feito com deformação controlada
- Caso a pressão confinante seja nula o ensaio é conhecido com compressão simples.

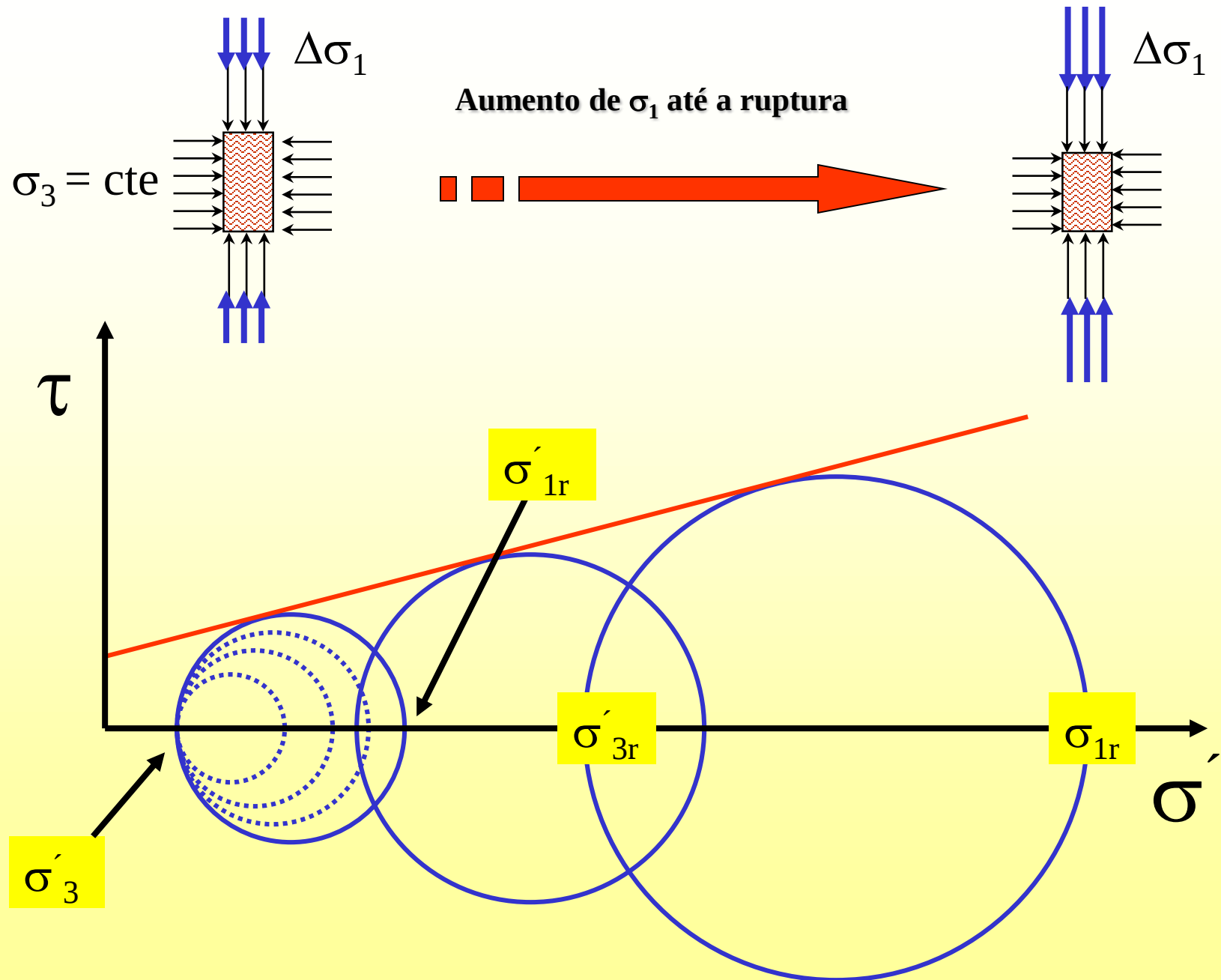
Detalhes do Equipamento

Para controlar a drenagem e medição de poro-pressão a amostra deve ser isolada dentro de uma membrana impermeável. A água dos poros é conectada a um transdutor de pressão e a um medidor de volume.

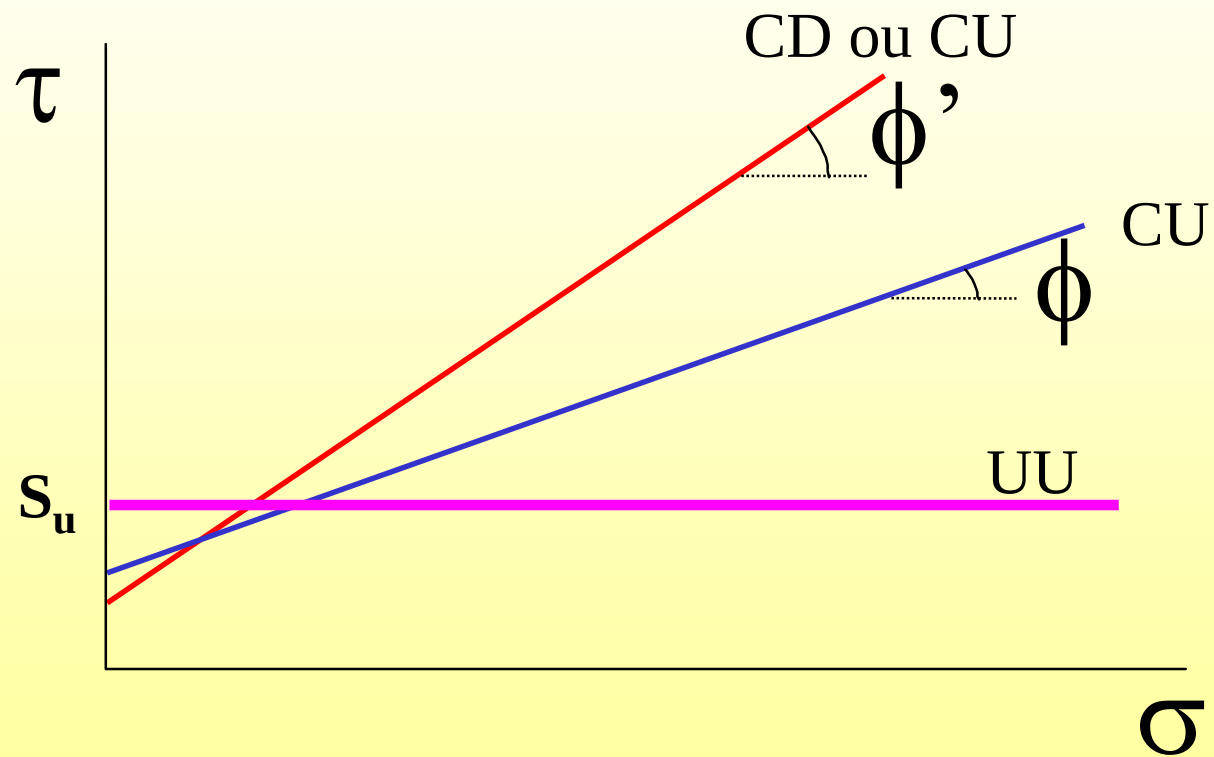


Válvulas Fechadas $\longrightarrow$ Ensaio Não Drenado

Válvulas Abertas $\longrightarrow$ Ensaio Drenado



Tipos de Envoltória



Nomenclatura dos Ensaio Triaxiais

