Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia Mecânica

PME-3211 – Mecânica dos Sólidos II

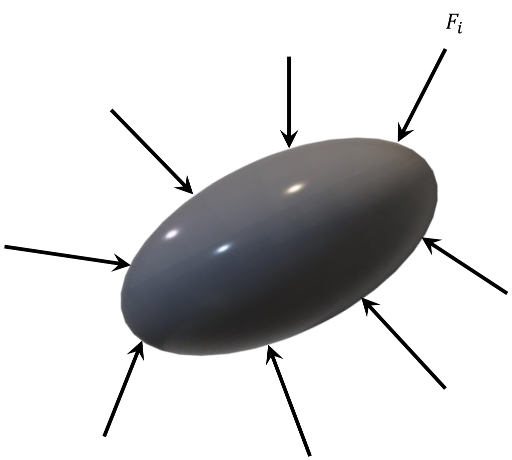
Aula #02

Prof. Dr. Clóvis de Arruda Martins

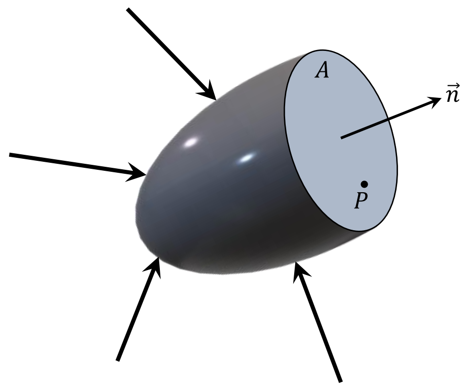
09/08/2023

Esforços internos

Sólido genérico submetido a um conjunto de forças F_i equilibrado



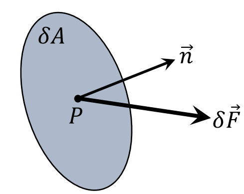
Sólido genérico cortado por um plano α que passa por um ponto P e é normal a $\vec{n}$



Devem aparecer forças na superfície A para equilibrar os esforços externos

Estas força são chamadas de *forças internas*

Um elemento da superfície A com área infinitesimal δA, que contém P estará sujeito à força interna $\delta\vec{F}$



$$\delta\vec{F} = \delta\vec{F}(P, \vec{n})$$

O vetor $\delta\vec{F}$ pode ser decomposto em duas componentes:

$$\delta\vec{F} = \delta F_n \vec{n} + \delta F_t \vec{t}$$

onde $\vec{t}$ é um vetor paralelo a α

Tensão

Definição: *o vetor tensão que atua em P no plano perpendicular a $\vec{n}$ é o vetor:*

$$\vec{\rho}(P,\vec{n}) = \lim_{\delta A \to 0} \frac{\delta \vec{F}(P,\vec{n})}{\delta A}$$

A tensão $\vec{\rho}$ é uma propriedade do ponto P e da direção $\vec{n}$

A tensão $\vec{\rho}$ tem dimensão de força por unidade de área (MPa)

Para conhecer o ***estado de tensões*** em um ponto P é necessário conhecer as tensões $\vec{\rho}$ em todas as direções $\vec{n}$

Como a força interna, a tensão $\vec{\rho}$ pode ser decomposta em duas componentes:

$$\vec{\rho} = \sigma\,\vec{n} + \tau\,\vec{t}$$

onde

$$\sigma = \lim_{\delta A \to 0} \frac{\delta F_n}{\delta A}$$

é a ***tensão normal***

e

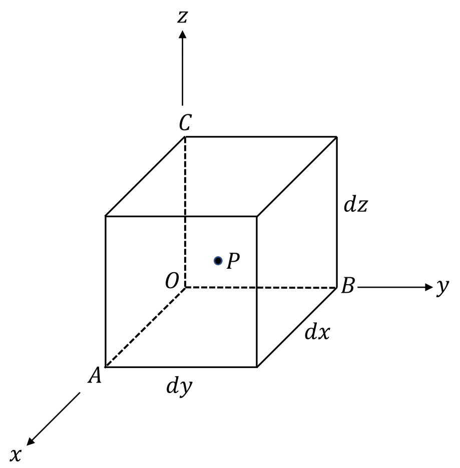
$$\tau = \lim_{\delta A \to 0} \frac{\delta F_t}{\delta A}$$

é a ***tensão de cisalhamento***

Estado de tensões

O *estado de tensões* em um ponto P é o conjunto dos infinitos vetores $\vec{\rho}(P, \vec{n})$

O estado de tensões em um ponto P é representado por um cubo infinitesimal



As faces desse cubo estarão sujeitas a tensões normais e tensões de cisalhamento

Vamos mostrar, mais tarde, que se conhecermos as tensões nessas faces do cubo, conheceremos todo o estado de tensões no ponto P

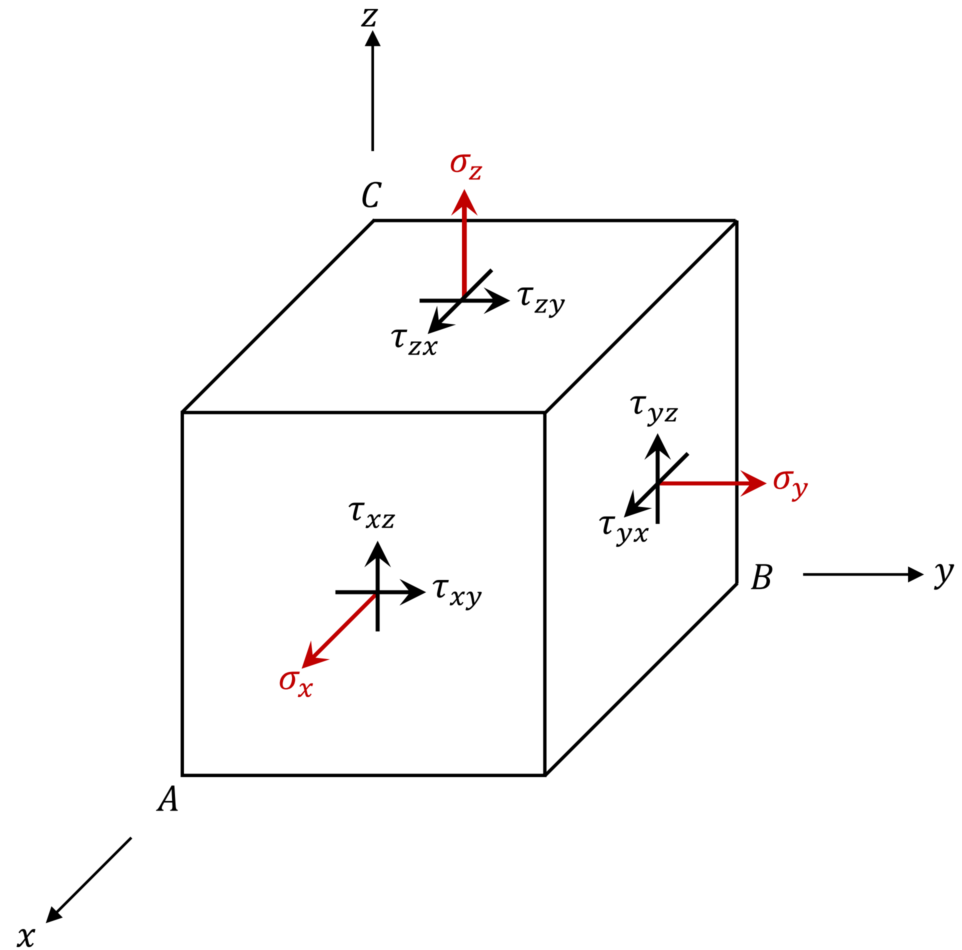
Para representar a tensão em uma face do cubo precisamos de uma tensão normal e duas componentes de tensão de cisalhamento

Precisaremos, então, de 18 números para representar as tensões nas faces do cubo

É necessário estabelecer, então, uma notação para representar as tensões que atuam em cada face do cubo

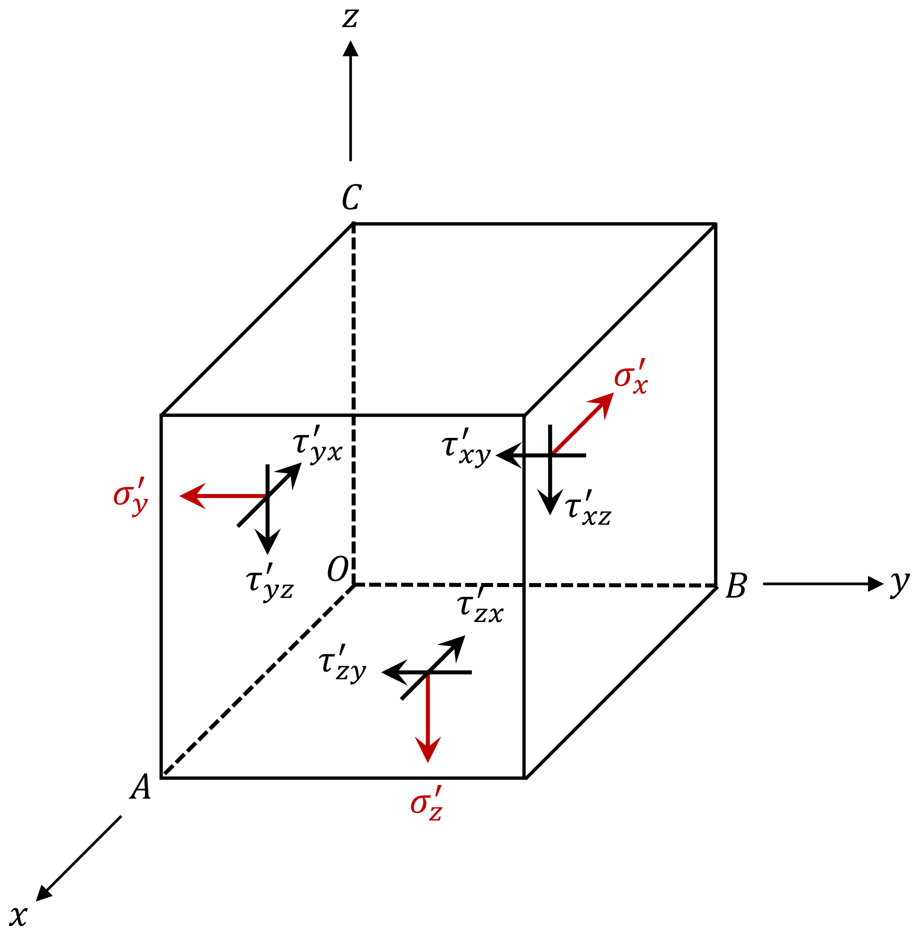
Notação de Timoshenko

- Faces positivas
- Sentidos positivos



Notação de Timoshenko

- Faces negativas
- Sentidos positivos



Referência

Martins, C.A. *Introdução ao Estudo das Tensões.* Disponível no Moodle