Teoria das Estruturas I - Aula 01



Apresentação da Disciplina

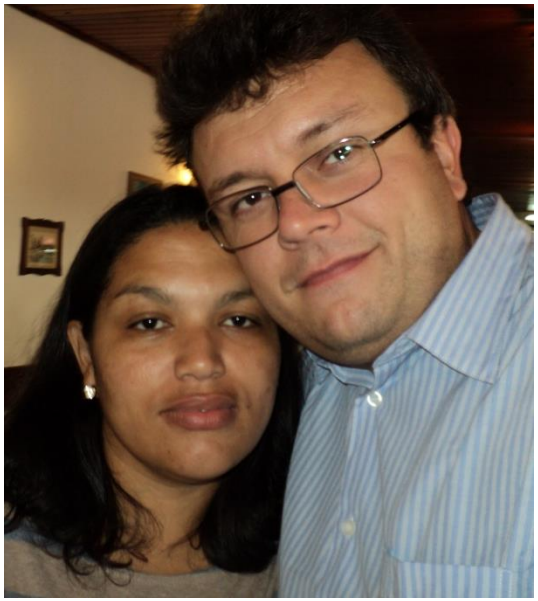
- Apresentação do Professor e do Sistema de Avaliação
- Regras da Disciplina
- Plano de Ensino e Bibliografia
- Conceitos Básicos da Teoria das Estruturas e Conceitos Prévios Importantes
- Classificação das Estruturas

Prof. Juliano J. Scremin

Universidade POSITIVO

Aula 01 - Seção 01:
Apresentação do Professor e do Sistemas de Avaliação

Apresentação do Professor



Dr. Eng. Juliano J. Scremin

- Graduação em **teologia**, FTU - SP 1997;
- Proficiência em **língua coreana**, Univ. Sun Moon, Cheon-an, Coréia do Sul 1999;
- Graduação em **engenharia civil**, UFPR 2008;
- **Mestrado em métodos numéricos em engenharia**, PPGMNE / UFPR, mecânica computacional, método dos elementos finitos aplicado a análise termo-estrutural de barragens de CCR, setembro de 2011;
- **Doutorado em teorias de vigas** no PPGECC/UFPR, fevereiro de 2020;
- **E-mail: juliano.scremin@up.edu.br**
- **www.jjscremin.com/aulas**

Instrumentos de Avaliação

- **Duas Avaliações Bimestrais (AB – chamadas de A1 e A2 no calendário da Instituição) – Obrigatórias**

  – ***Notas de 0,0 até 5,0 em cada uma delas sendo que a aprovação se dá caso A1 + A2 = 6,0)***

- **Notas Extras de Atividades / Exercícios Avaliativos (NE) - Não Obrigatórios**

  - **Valor de 0,1 até 0,3 ponto cada conforme definido pelo professor;**
  - **Não há consideração de valores parciais;**
  - **A nota obtida é descontada do peso da Avaliação Bimestral**

A prova substitutiva (agora chamada de "Avaliação Final") substitui a nota bimestral como um todo, ou seja, o aluno perde as notas extras obtidas ao longo do bimestre caso opte pela substitutiva.

Forma de Cálculo das Notas Bimestrais

$$NB = AB * (5-NE)/5 + NE$$

- **NB – nota bimestral [0 – 5,0] ;**
- **AB – nota da avaliação bimestral [0 – 5,0] ;**
- **NE – notas extras**

Aula 01 - Seção 02:
Regras das Disciplina

Quanto às Provas (1)

Somente em caso de retorno às aulas presenciais

- Durante a realização das provas **será permitido o uso de calculadoras programáveis;**
- **Consulta** permitida **somente a uma folha A4 manuscrita frente e verso a ser entregue junto com a prova**;
- Dados de tabelas de norma serão fornecidos nas provas não sendo necessária a cópia destes para a folha de consulta.
- As provas conterão formulários simplificados das expressões de dimensionamento sendo estes publicados com antecedência para estudo.

Quanto às Provas (2)

Somente em caso de retorno às aulas presenciais

- Durante a realização das provas será permitido sobre as carteiras somente lápis, lapiseiras, canetas, borrachas (sem capa), réguas, compassos e calculadora (sem capa) - **qualquer outro material (inclusive estojos, penais e etc.) deve ser mantido dentro das malas que deverão ser deixadas logo abaixo do quadro negro na frente do salão de provas**.

- Durante a realização de provas **celulares, smart phones, tablets, netbooks e quaisquer outros aparelhos similares** deverão ser **desligados e mantidos dentro das malas**, que deverão ser deixadas na frente do salão de provas.

- Caso algum aluno **seja flagrado portando um celular** em salão de provas, mesmo que este esteja desligado, isto será considerado **"tentativa de cola"** e o aluno terá sua prova recolhida e **será atribuída nota zero na avaliação**.

- Durante a realização das provas **não é permitido ao aluno ausentar-se do salão** para ida a sanitários ou por qualquer outro motivo. A saída do salão de provas implica na entrega da prova para correção.

Sites da Disciplina

- Site de apoio com todos os conteúdos das aulas, exercícios resolvidos e gabaritos de provas e exercícios de avaliação (EAVs) de anos anteriores:

www.jjscremin.com/aulas

- Site para respostas das atividades avaliativas (EAVs);

www.jjscremin.com/ativ

Regra Básica para Aprovação na Disciplina

- A ideia básica dos EAVs é incentivar os alunos a estudar todas as semanas desde os primeiros dias de aula, premiando os que assim o façam e obtenham êxito na resolução dos exercícios com pontos a serem descontados do valor da avaliação bimestral;

ESTUDAR OS CONTEÚDOS VISTOS EM SALA DE AULA POR PELO MENOS 2 HORAS A CADA SEMANA

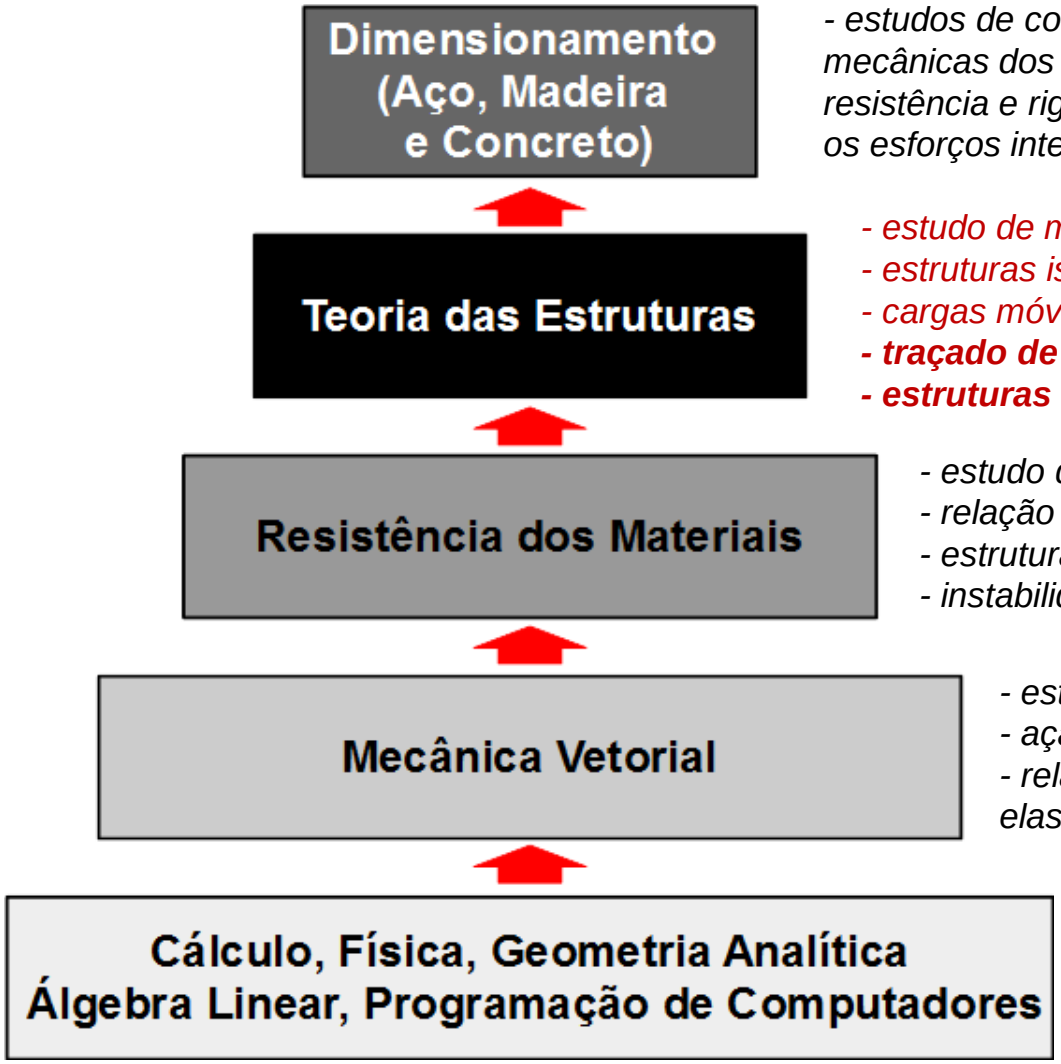
- **Tragam suas dúvidas ao longo do decorrer das aulas para que elas não se acumulem;**

- **Não deixem para "tentar entender" a matéria nos dias que antecedem as provas;**

Universidade POSITIVO

Aula 01 - Seção 03:
Plano de Ensino e Bibliografia

Caminho das Pedras: Contextualização da Disciplina



- estudos de como definir as dimensões e propriedades mecânicas dos elementos estruturais para que tenham a resistência e rigidez necessárias a fim de que suportem os esforços internos calculados

- estudo de modelos estruturais deformáveis
- estruturas isostáticas mais elaboradas
- cargas móveis
- traçado de diagramas de esforços internos
- estruturas hiperestáticas

- estudo de corpos deformáveis
- relação tensão x deformação
- estruturas isostáticas simples
- instabilidade (flambagem)

- estudo de corpos rígidos
- ação de forças equilibradas (estática)
- relações entre forças e os movimentos que elas produzem (dinâmica)

conceitos básicos:
vetores, integração, diferenciação, equilíbrio, lógica de programação

Objetivo da Disciplina

- O objetivo da disciplina Teoria das Estruturas dentro do contexto do curso de Engenharia Civil é:

Determinação dos:

Esforços Internos
(Axial, Cortante, Momento Fletor e Momento Torsor) e dos

Deslocamentos
(Flechas) de pontos específicos de

MODELOS ESTRUTURAIS PLANOS ISOSTÁTICOS E HIPERESTÁTICOS

de modo a embasar e possibilitar o futuro dimensionamento dos elementos estruturais modelados.

Plano de Ensino - 1º Bimestre

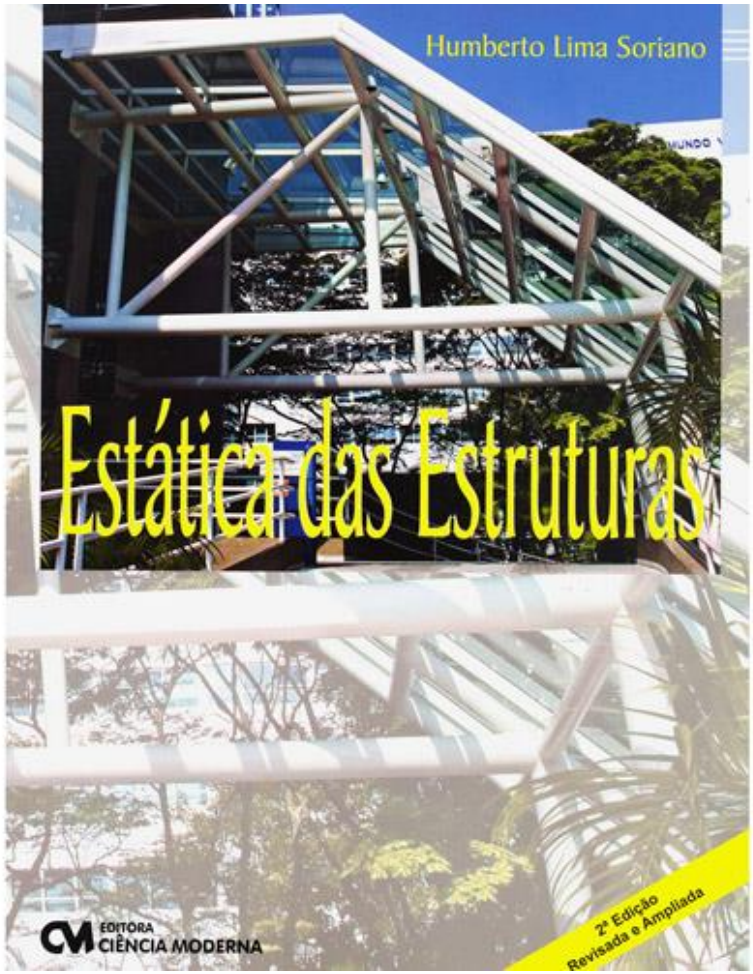
1º Bimestre	
Aula 01	**Apresentação da Disciplina**
Aula 02	**Modelagem Estrutural**
Aula 03	**Relações Diferenciais entre Momentos Fletores, Esforços Cortantes e Carregamentos**
Aula 04	**Diagramas de Estado de Pórticos Planos Isostáticos Via Equações**
Aula 05	**Diagramas de Estado de Pórticos Planos Isostáticos Via Método Direto**

Plano de Ensino - 1º Semestre : Isostática

2º Bimestre	
Aula 06	**Diagramas de Estado de Pórticos com Barras Inclinadas, Escoras e Tirantes**
Aula 07	**Arcos Isostáticos**
Aula 08	**Cálculo de Deslocamentos em Estruturas Isostáticas - Teoremas de Trabalho e Energia**
Aula 09	**Cálculo de Deslocamentos em Estruturas Isostáticas - Princípio dos Trabalhos Virtuais**

Bibliografia do 1º Semestre

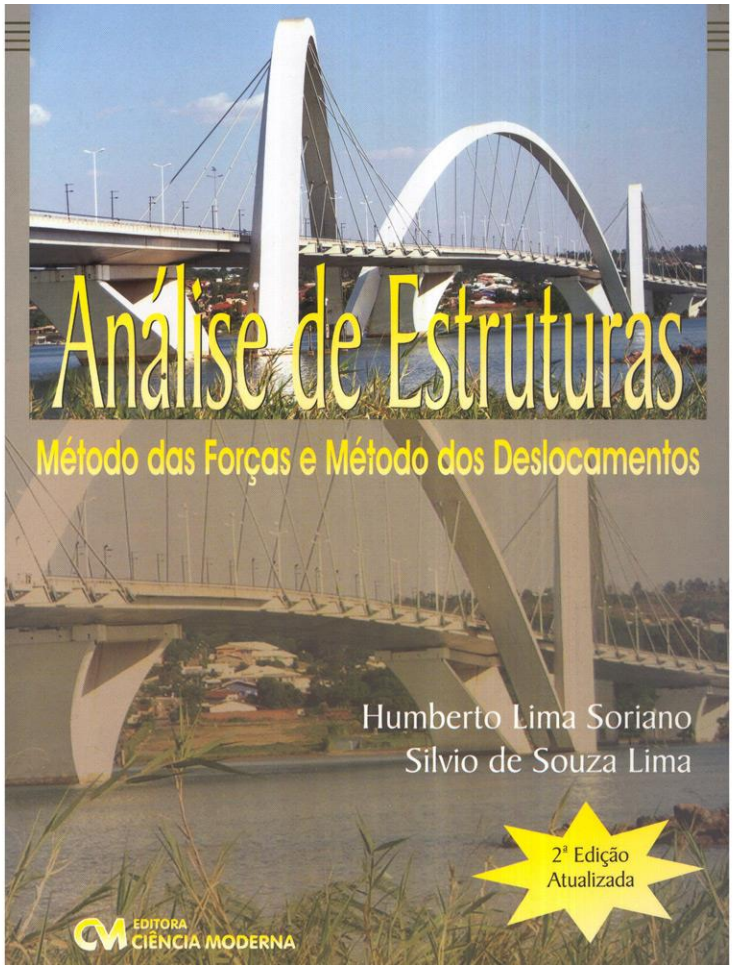
SORIANO, H. L. Estática das Estruturas. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2007. 388 p. ISBN 9788573935967.



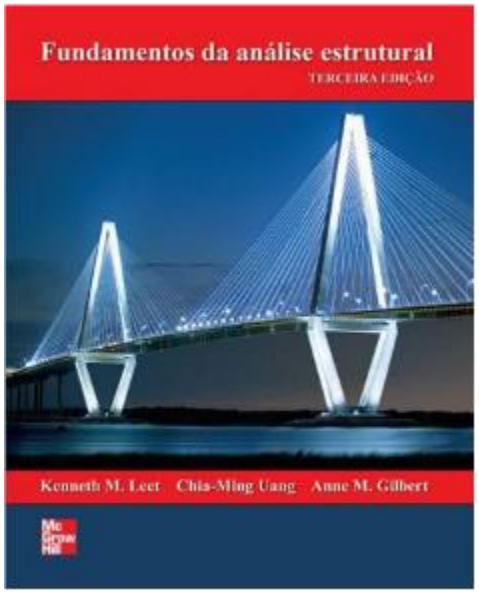
Bibliografia do 2º Bimestre

- SORIANO, H. L.; LIMA, S. de S. Análise de Estruturas:Método das forças e Método dos Deslocamentos. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2004. ISBN 8573933186.

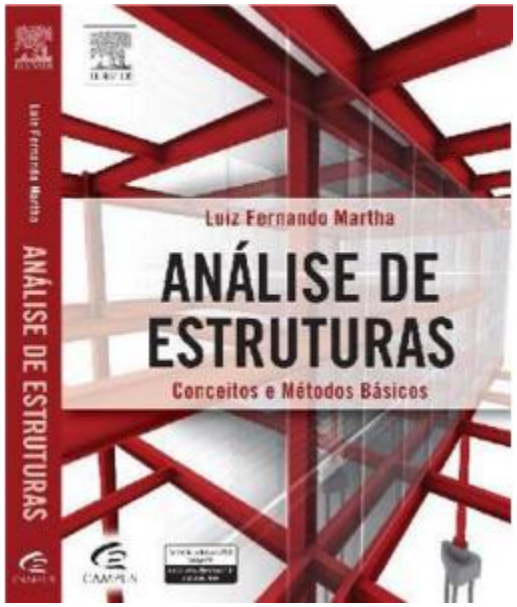




Bibliografia Complementar



LEET, K. M. Fundamentos da análise estrutural. 3. ed. McGraw Hill, 2009. ISBN 978-85-7726-059-1.



LUIZ FERNANDO MARTHA. Análise de estruturas: conceitos e métodos básicos. Rio de Janeiro:Elsevier, 2010. 524 p. ISBN 9788535234558.

Software FTOOL

http://www.tecgraf.puc-rio.br/~lfm/

Universidade POSITIVO

Aula 01 - Seção 04:
Conceitos Básicos da Teoria das Estruturas e Conceitos Prévios Importantes

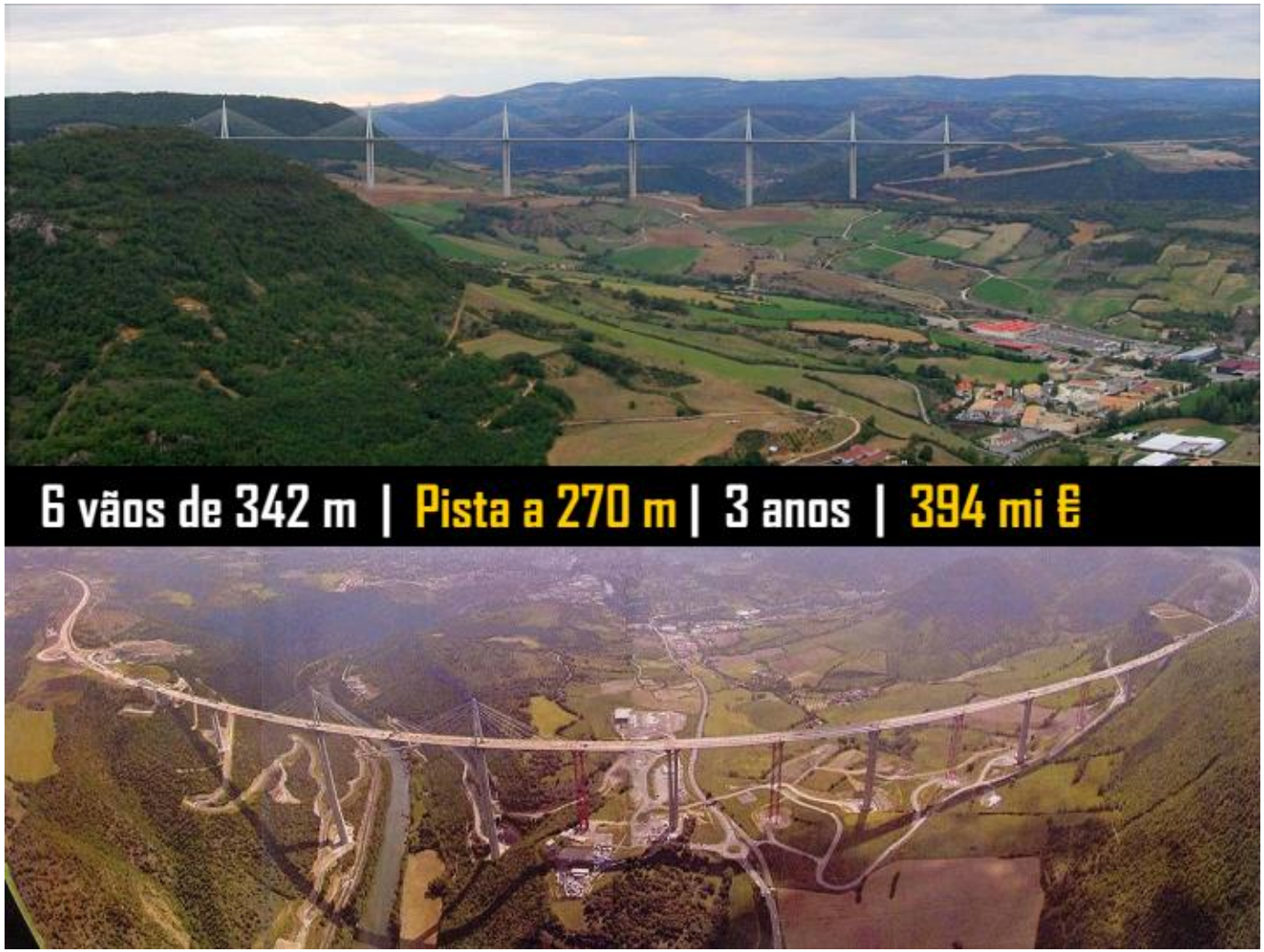
Exemplos de Estruturas



Exemplos de Estruturas



Exemplos de Estruturas



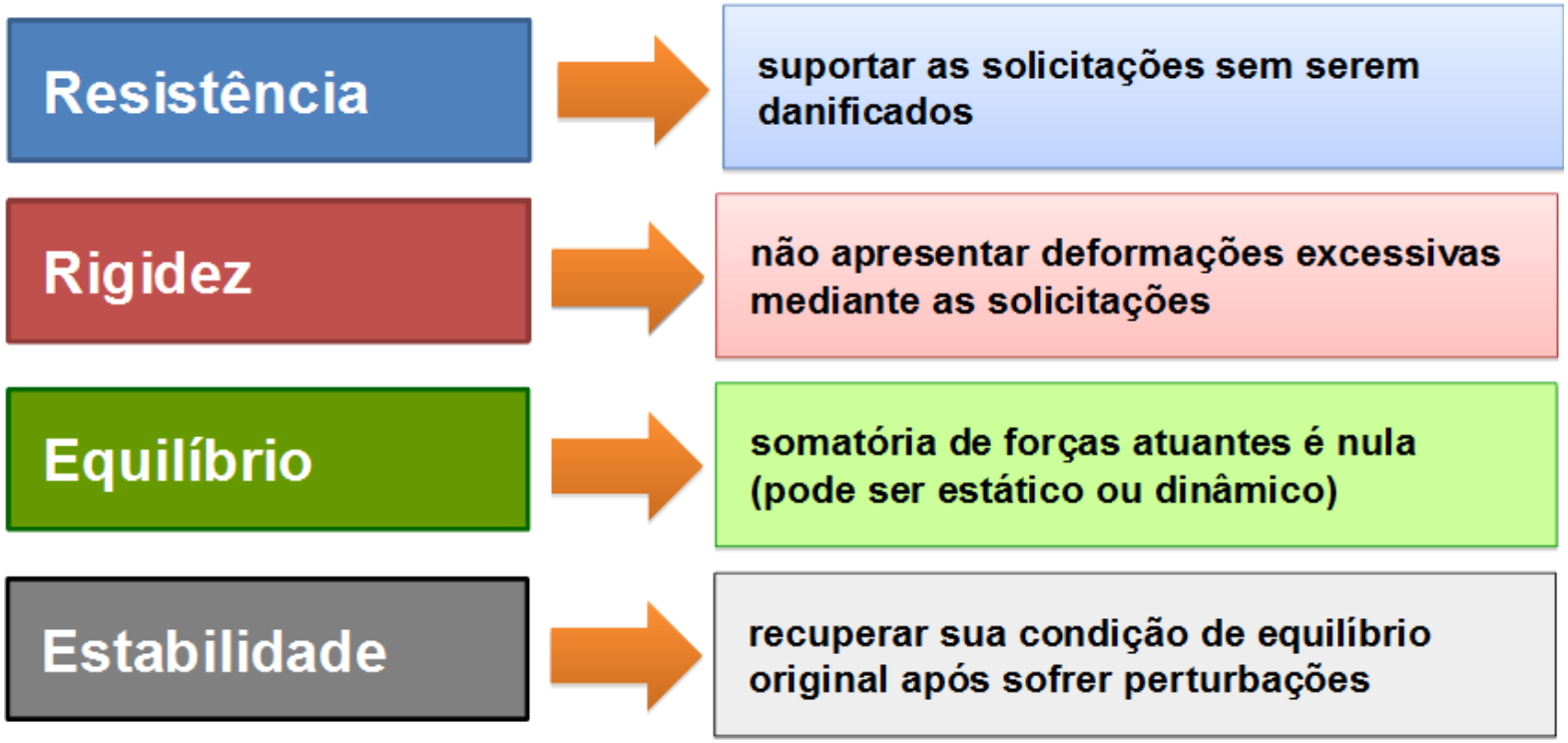
Exemplos de Estruturas



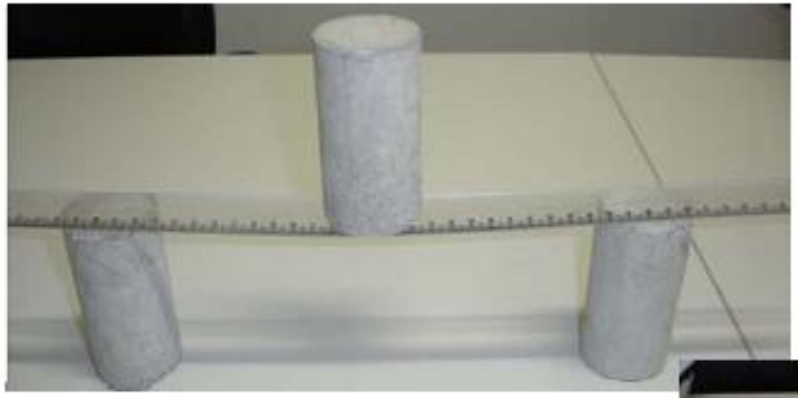
O que são ESTRUTURAS?

- **Estruturas** são sistemas físicos constituídos de partes ou **componentes interligados** e **DEFORMÁVEIS**, capazes de **receber e transmitir esforços**;

- Os componentes estruturais necessitam apresentar:



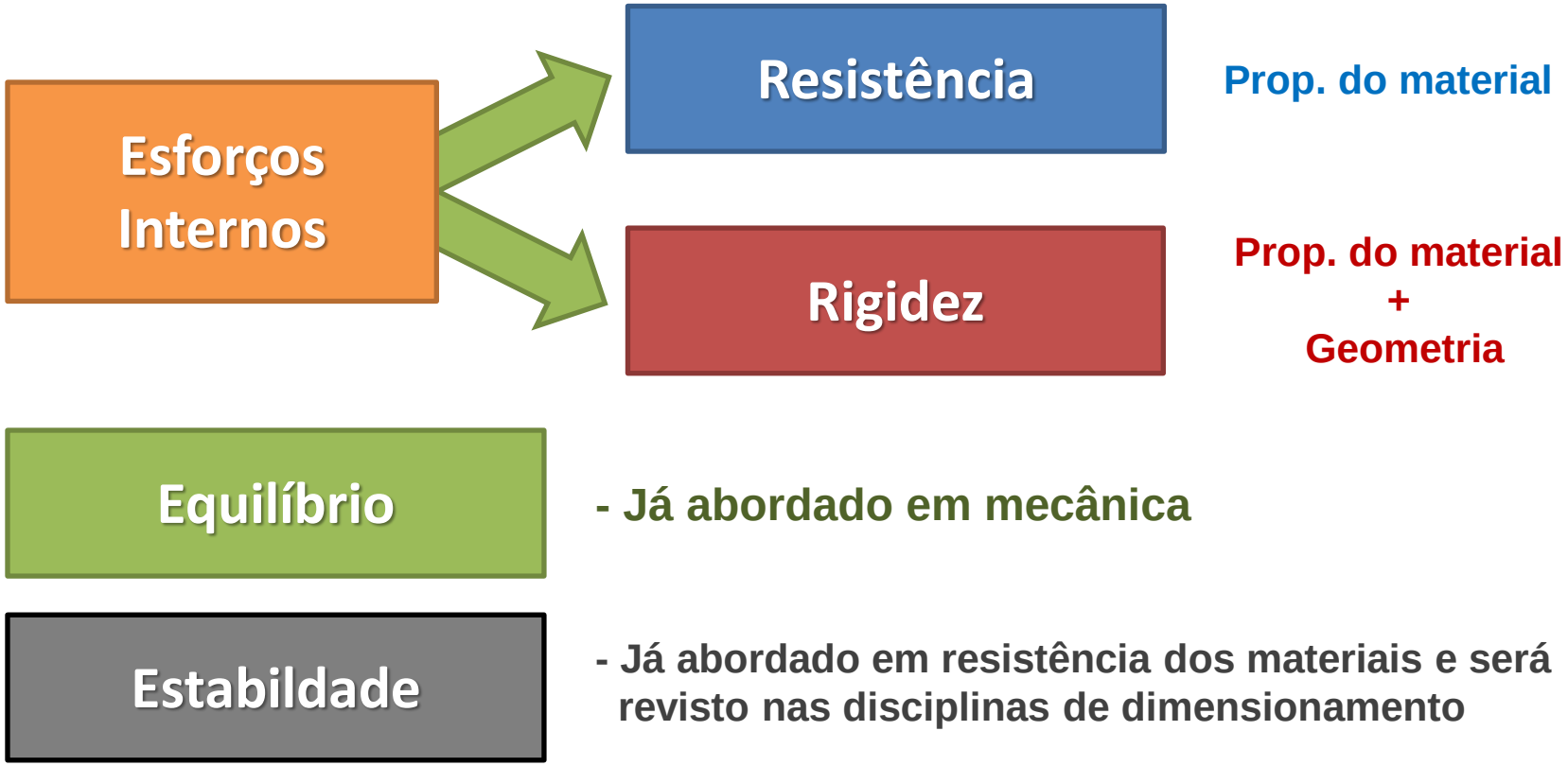
Resistência x Rigidez





Foco da Teoria das Estruturas

- A disciplina **Teoria das Estruturas** (ou Análise Estrutural) trata fundamentalmente da modelagem e **determinação dos esforços internos** a que uma estrutura estará sujeita ao longo de sua vida útil.



Algarismos Significativos (1)

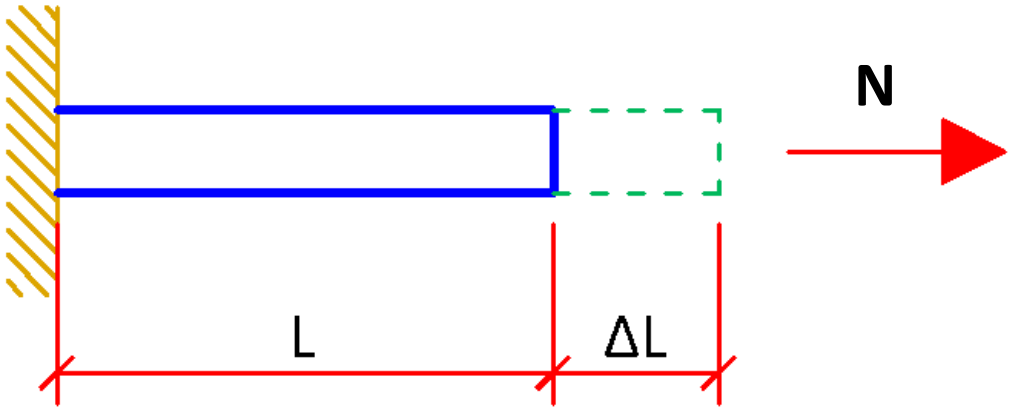
- A medição de qualquer grandeza física guarda **aproximações**, por melhor que seja o equipamento de medida.
- **Algarismos significativos são os algarismos utilizados na representação de quantificações de grandezas físicas, inclusive o zero, desde que não seja utilizado para localizar a casa decimal**.
- Portanto:

Algarismos significativos ≠ **Número de casas decimais**

Algarismos Significativos (2)

	Número de Casas Decimais	Número de Algarismos Significativos
1,230	3	4
1,23	2	3
0,123	3	3
0,00123	5	3
0,0000001	7	1
123,45	2	5
123,450	3	6

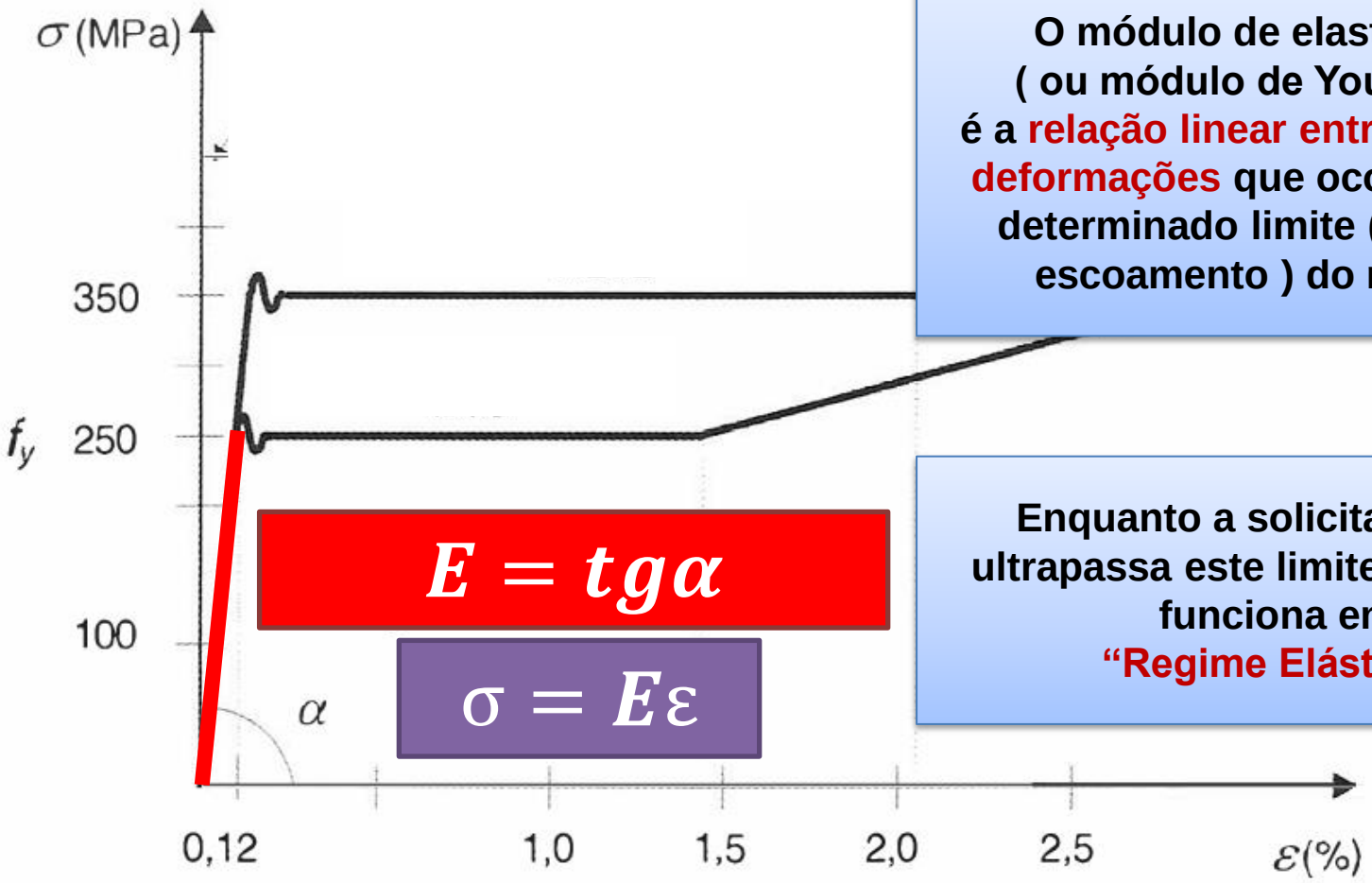
Deslocamento x Deformação



Deslocamento (δ) → **ΔL**
[unidade de comprimento]

Deformação (ε) → **ΔL / L**
[adimensional (%)]

Módulo de Elasticidade (E)



O módulo de elasticidade (ou módulo de Young) "E" é a relação linear entre tensões e deformações que ocorre até um determinado limite (limite de escoamento) do material

Enquanto a solicitação não ultrapassa este limite o material funciona em "Regime Elástico"

Figura: Pfeil, W. - Dimen. Prático de Est. de Aço - 8ª. Ed. 2008

Tensão x Deformação (Axial)

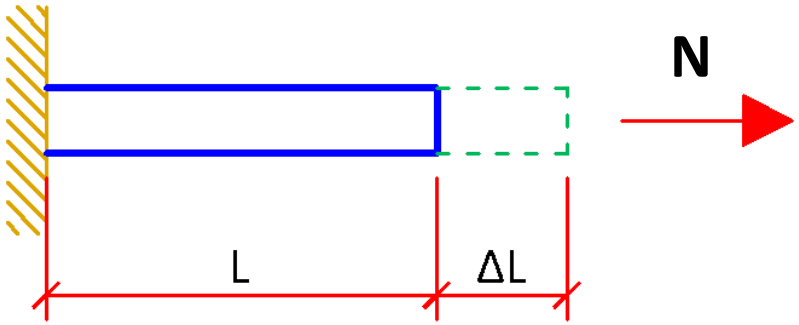
$$\sigma = {}^{N}/_{A}$$

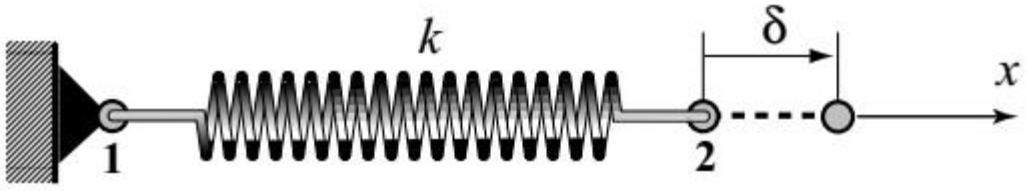
N - força normal
A - área da seção transversal
σ - tensão normal

$$\varepsilon = {}^{\Delta L}/_{L}$$

ΔL - deslocamento axial da ponta da barra
L - comprimento inicial da barra
ε - deformação axial

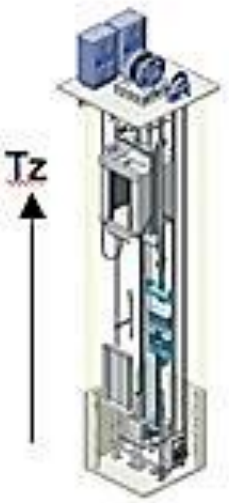
$$\sigma = E\varepsilon$$



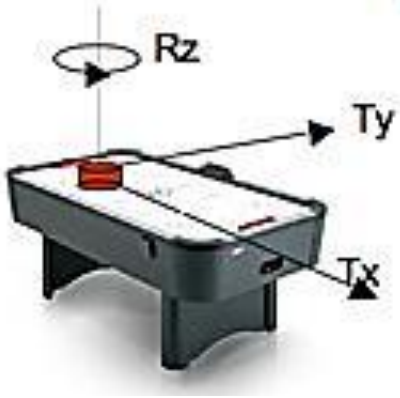


Graus de Liberdade – “GL” (1)

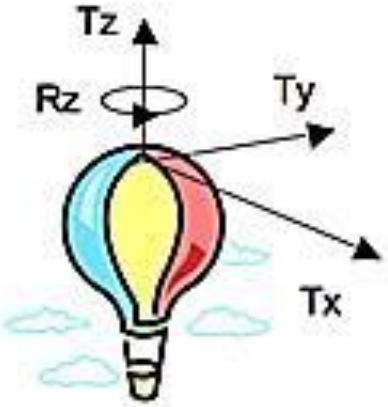
São as **possibilidades de deslocamento** **(translação ou rotação)** de um **ponto representativo** **(vínculo)** de uma estrutura.



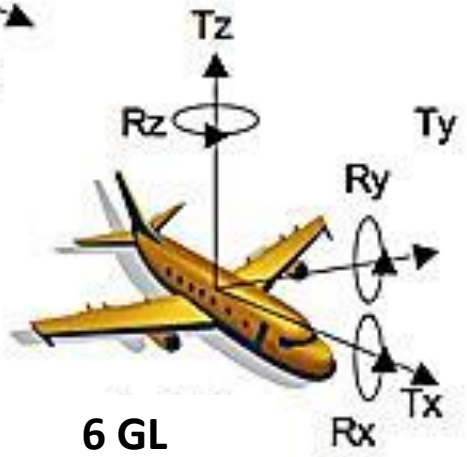
1 GL



3 GL
Solução 2D



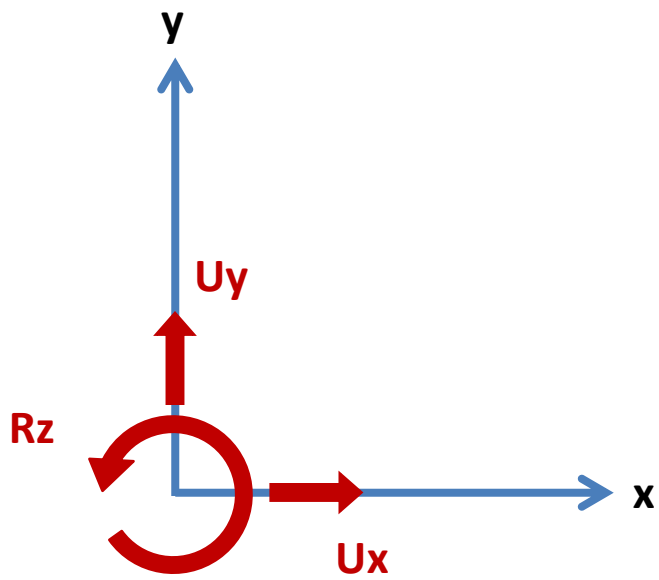
4 GL



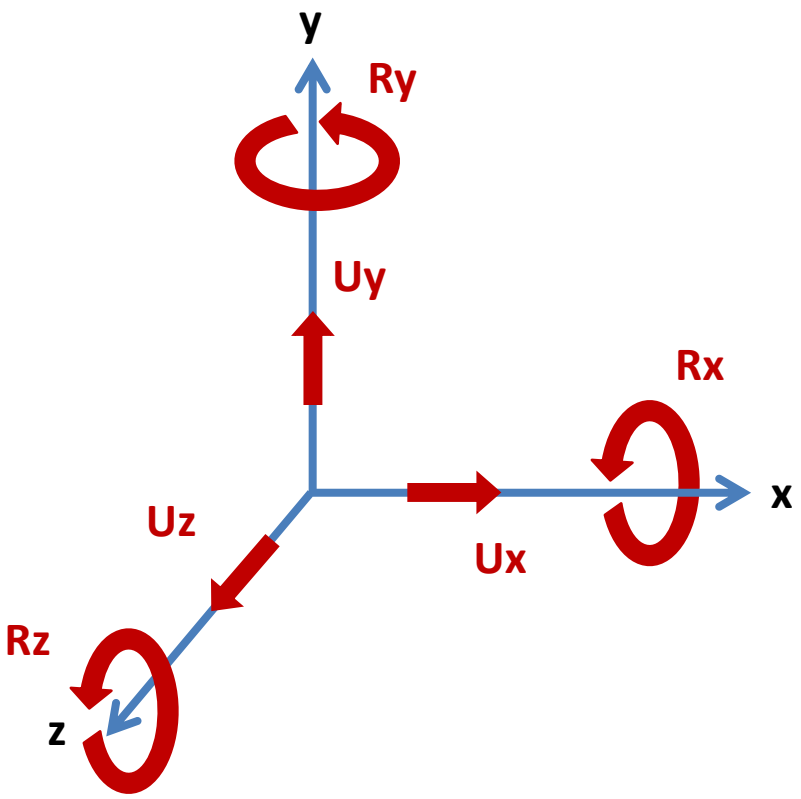
6 GL
Solução 3D

Graus de Liberdade – “GL” (2)

- Graus de Liberdade no Plano **(Simplificação Adotada em TE)**



- Graus de Liberdade no Espaço 3D



Unidades

- **Força:**

1kN	=	0,1 tf	=	100 kgf

  - Ou seja **1 tf = 10kN**;

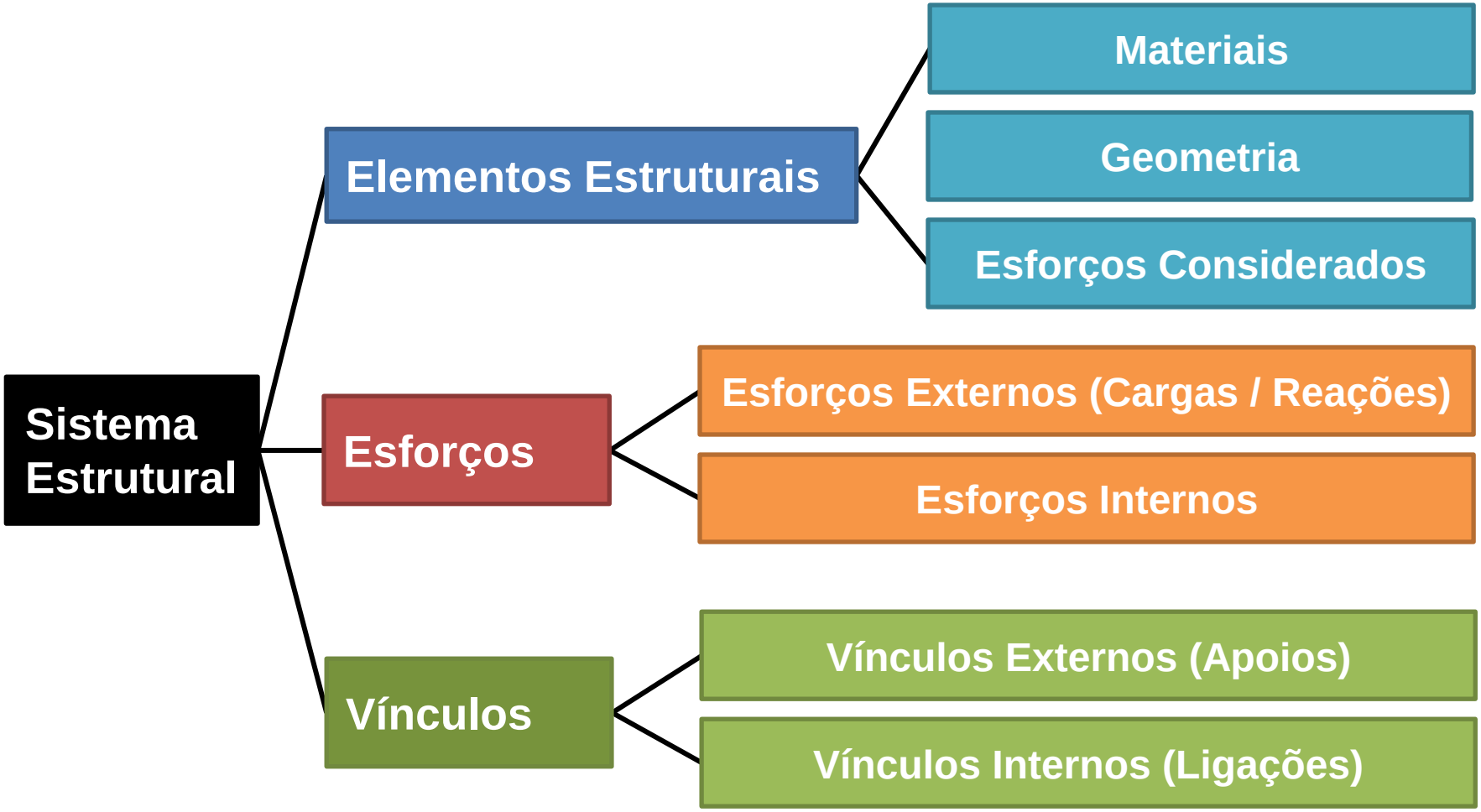
- **Tensão:**

Multiplicativo	Unidades
100	kPa (kN/m^2)
10	tf/m^2
1	kgf/cm^2
0,1	MPa
0,01	kN/cm^2

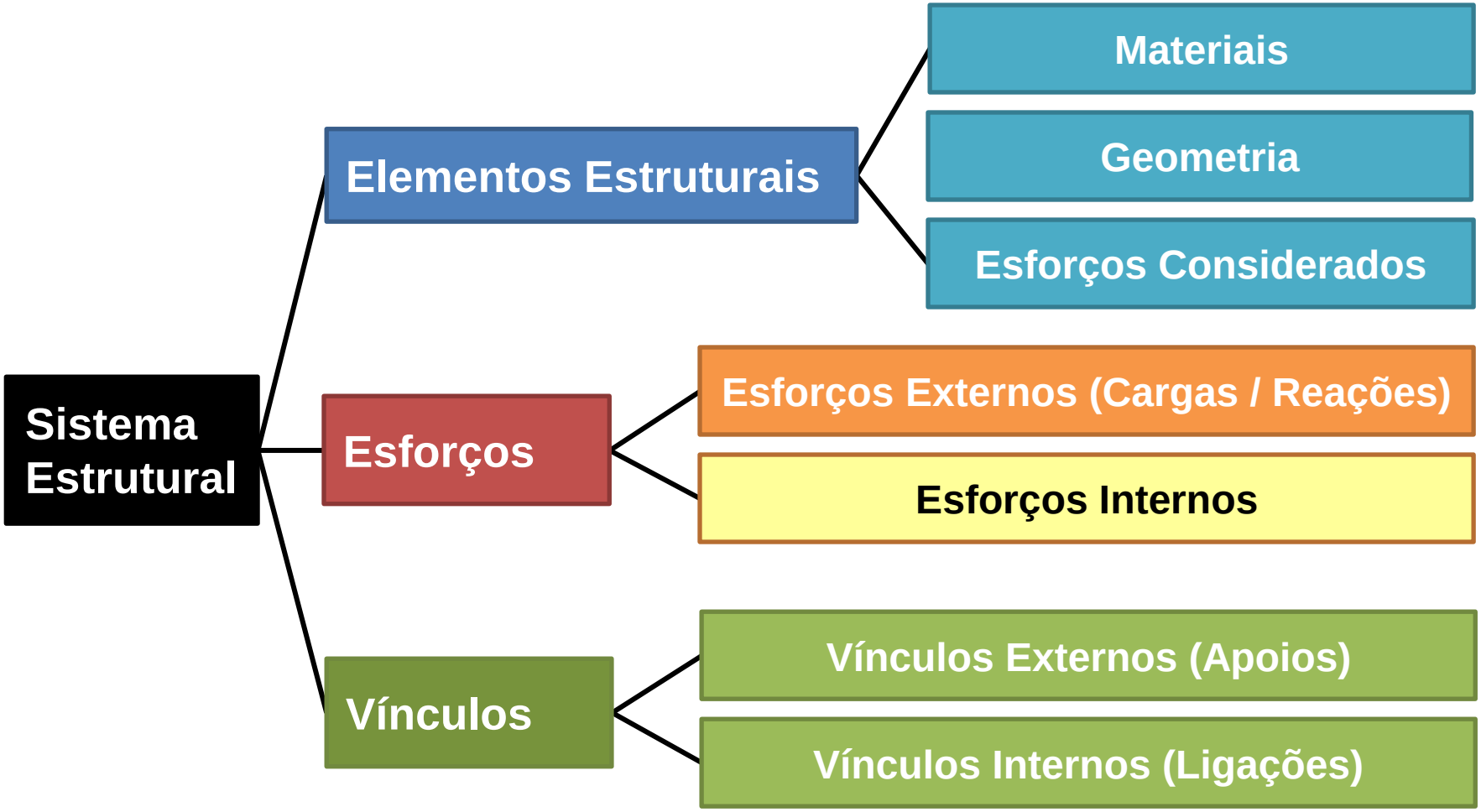
Universidade POSITIVO

Aula 01 - Seção 05:
Classificação das Estruturas

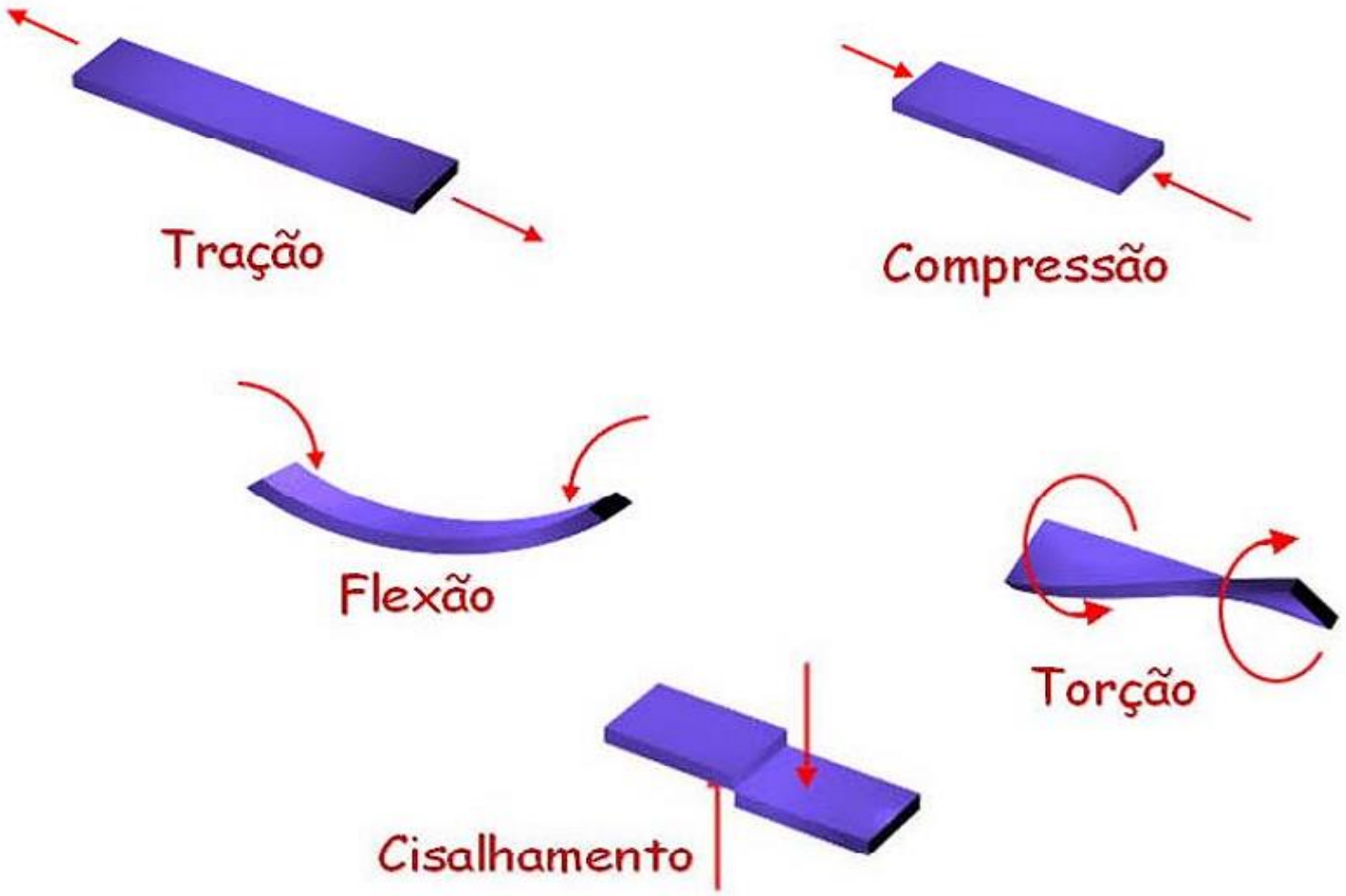
Sistema Estrutural



Sistema Estrutural



Esforços Internos



Convenção de Sinais para Esforços Internos

Esforço Normal



Momento Fletor



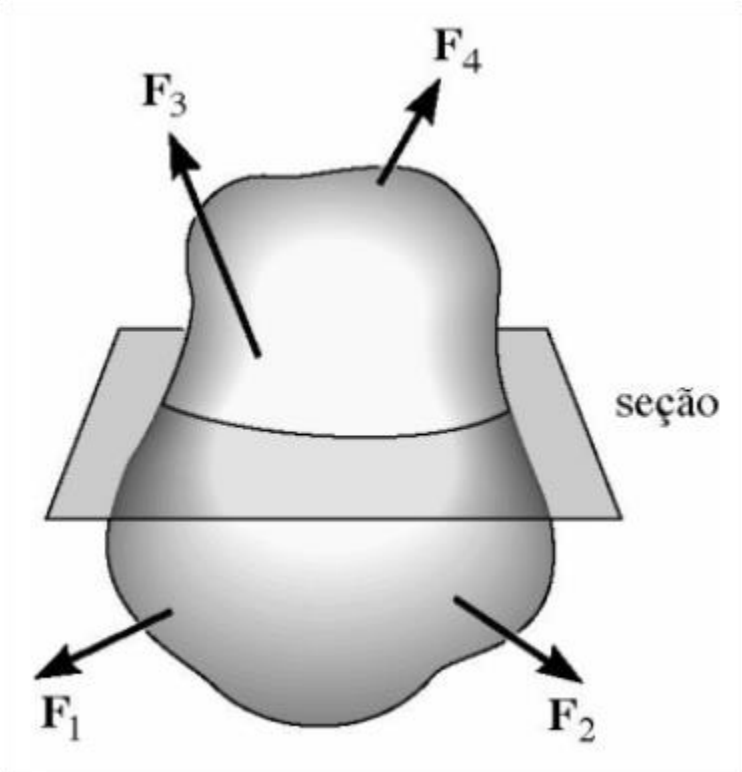
Esforço Cortante



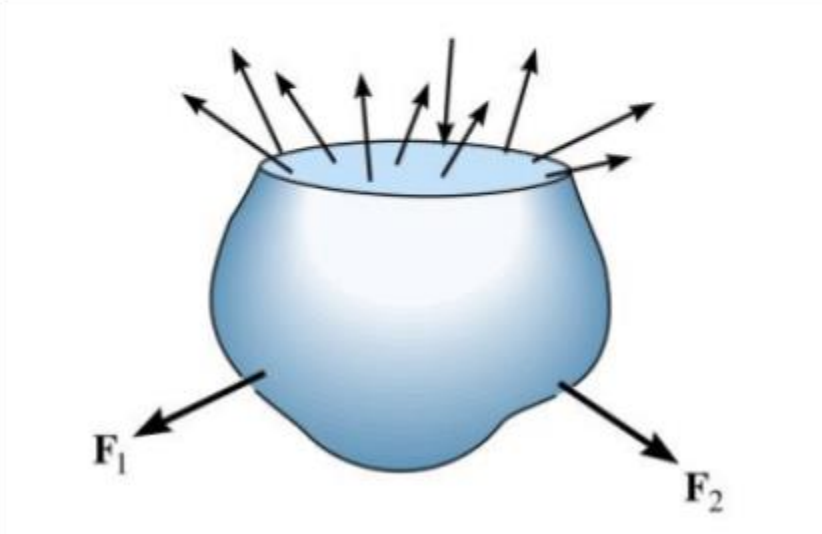
Momento Torsor



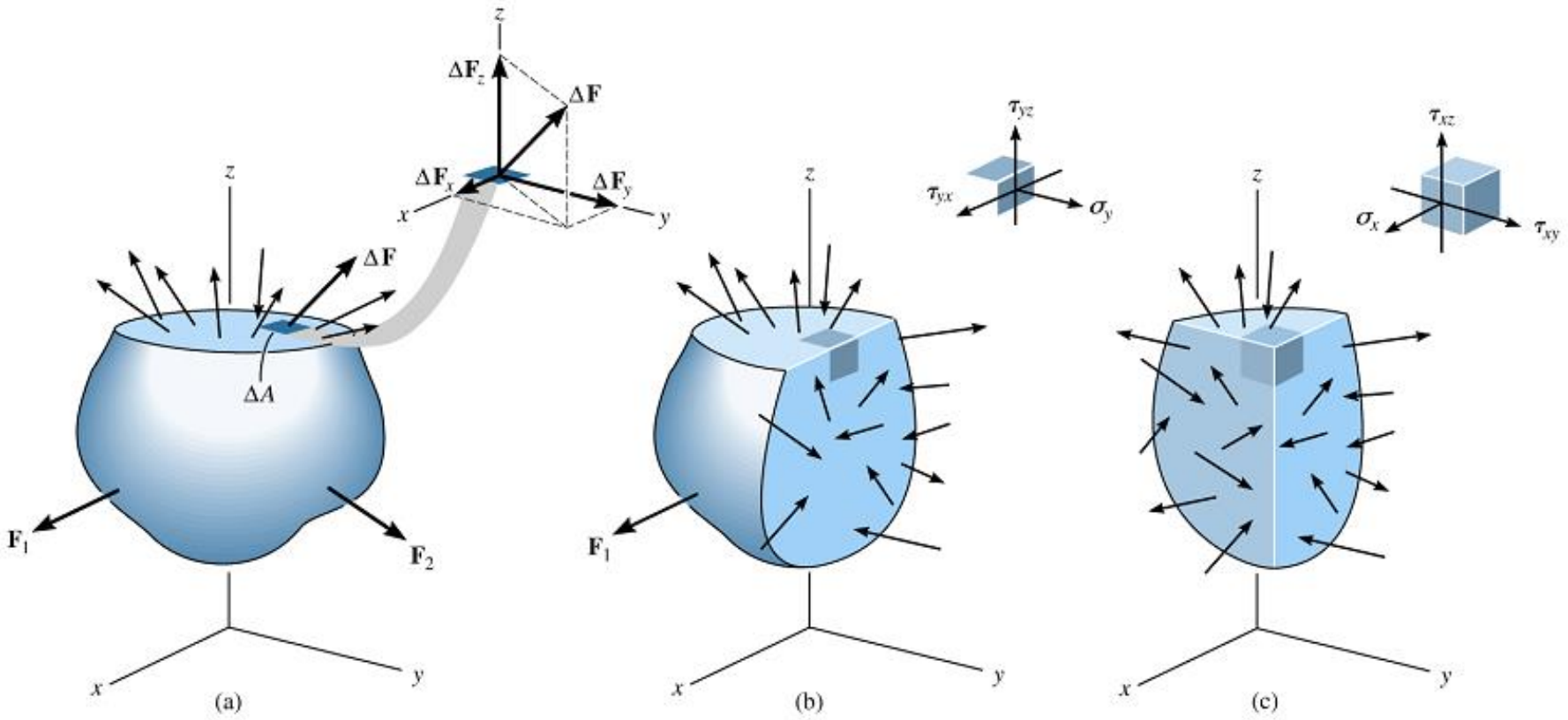
Tensões Internas x Esforços Internos (1)



Tensões Internas Equilibrantes da metade inferior do corpo

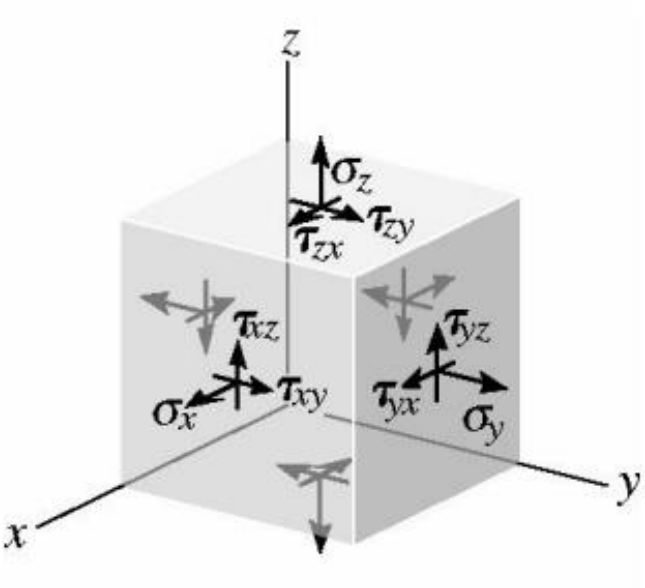


Tensões Internas x Esforços Internos (2)



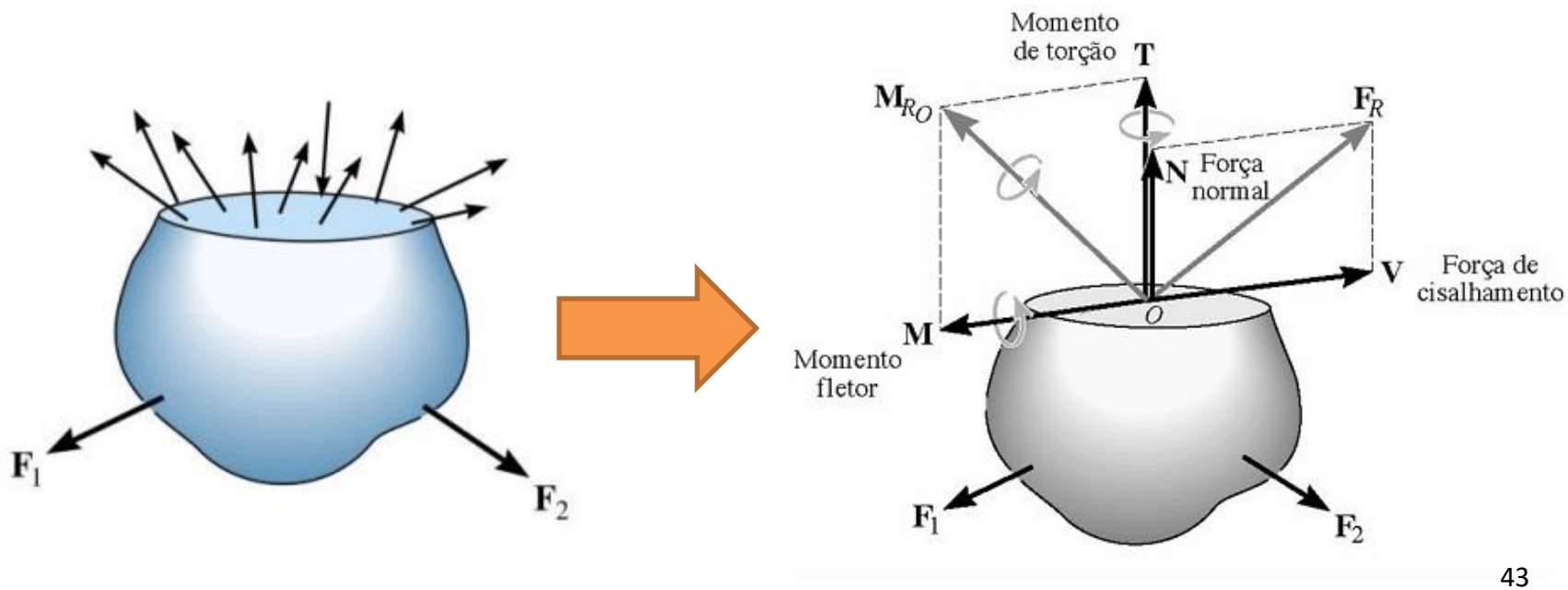
Tensões Internas x Esforços Internos (3)

- Existem somente “dois tipos” de tensões internas em relação à uma seção de corte em um corpo em equilíbrio.
  - **Tensão Normal ao plano da seção (σ)**
  - **Tensão Tangencial ao plano da seção (τ)**

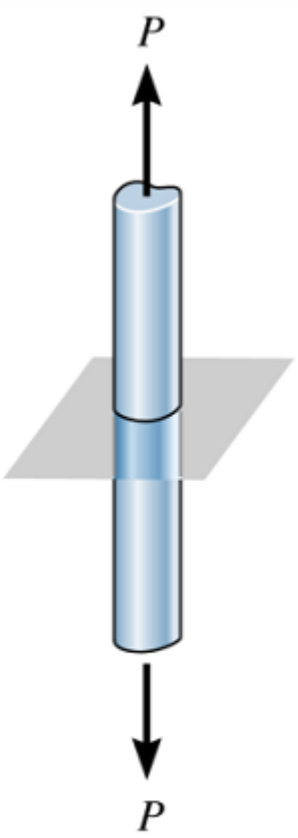


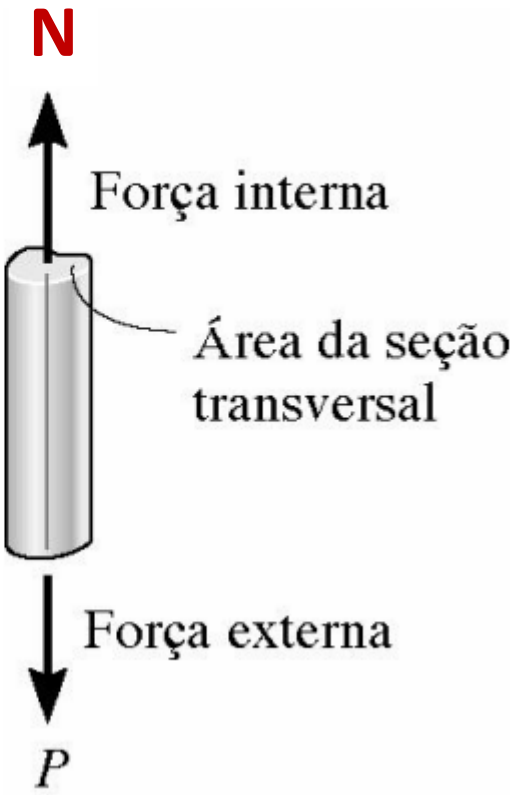
Tensões Internas x Esforços Internos (4)

- Por conveniência, as tensões internas (normal e tangencial) são decompostas / transformadas nos esforços internos:
  - **Esforço Normal (Força Normal)**
  - **Esforço Cortante (Força de Cisalhamento)**
  - **Momento Fletor**
  - **Momento Torsor**



Tensão Normal “σ” x Esforço Normal “N” (1)

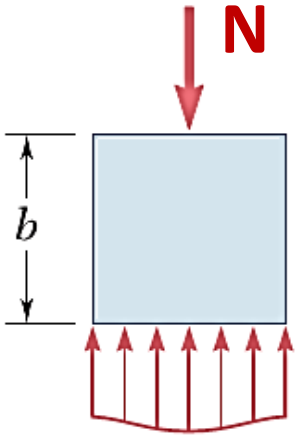




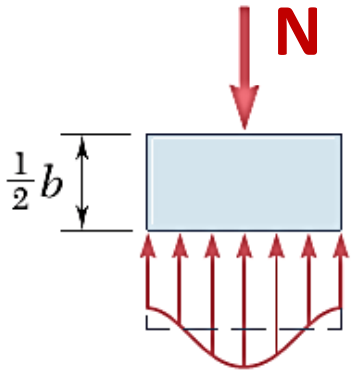


Tensão Normal “σ” x Esforço Normal “N” (2)

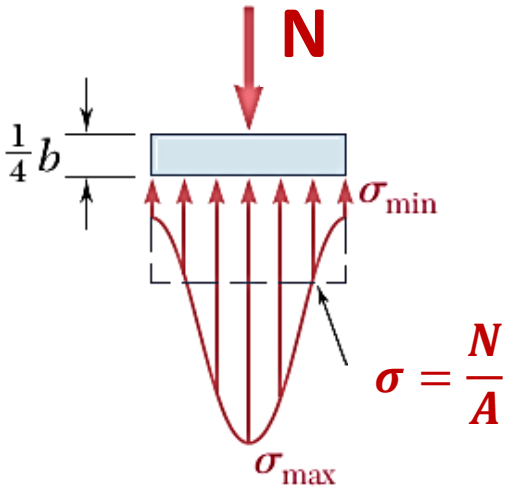




$$\sigma_{min} = 0.973\sigma_{ave}$$
$$\sigma_{max} = 1.027\sigma_{ave}$$



$$\sigma_{min} = 0.668\sigma_{ave}$$
$$\sigma_{max} = 1.387\sigma_{ave}$$

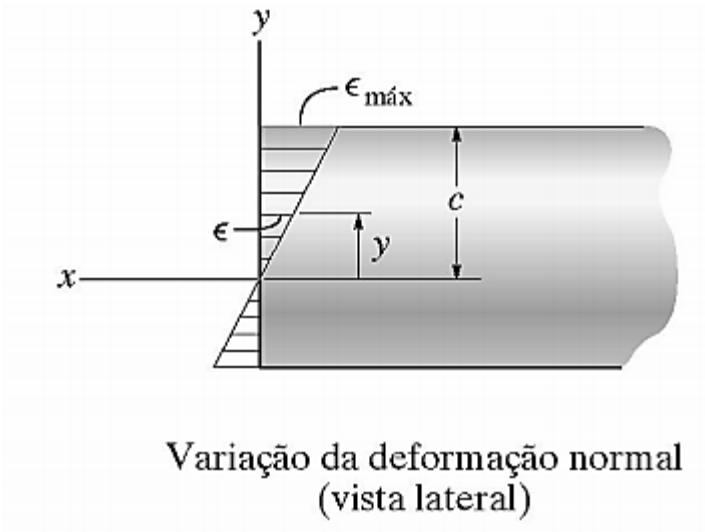


$$\sigma_{min} = 0.198\sigma_{ave}$$
$$\sigma_{max} = 2.575\sigma_{ave}$$

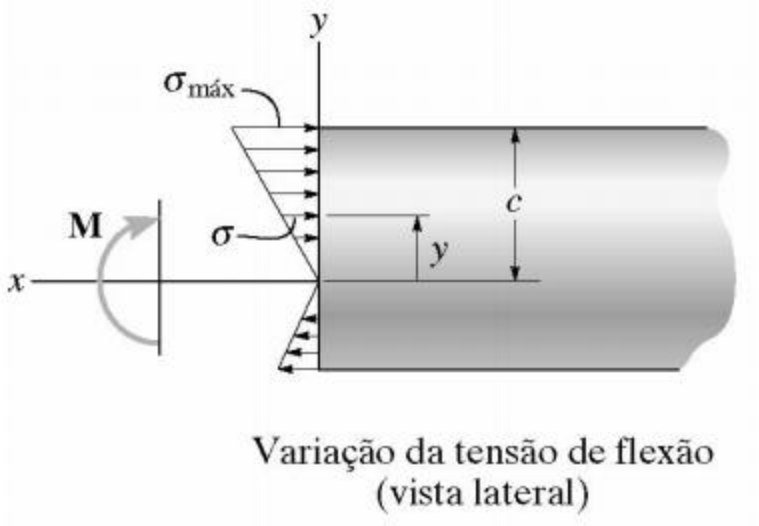
De acordo com o Princípio de Saint-Venant:

$$\sigma = \frac{N}{A}$$

Tensão Normal “σ” x Momento Fletor “M”



Variação da deformação normal
(vista lateral)

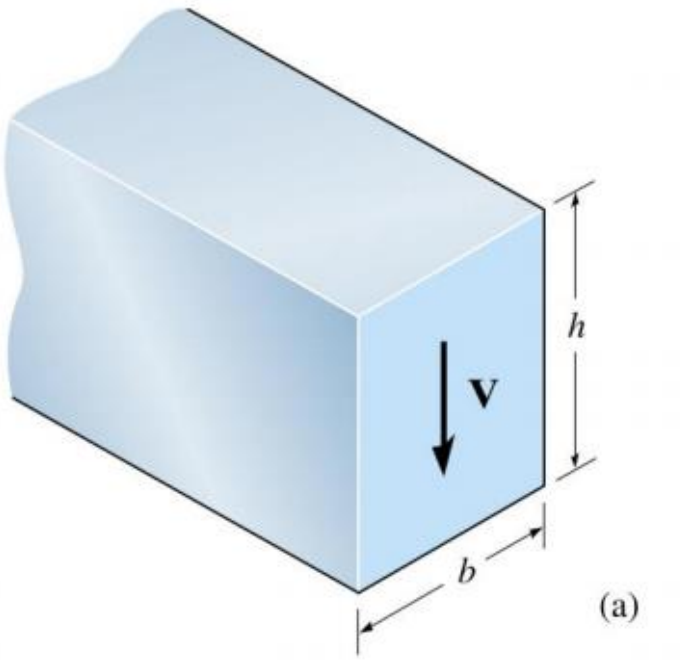


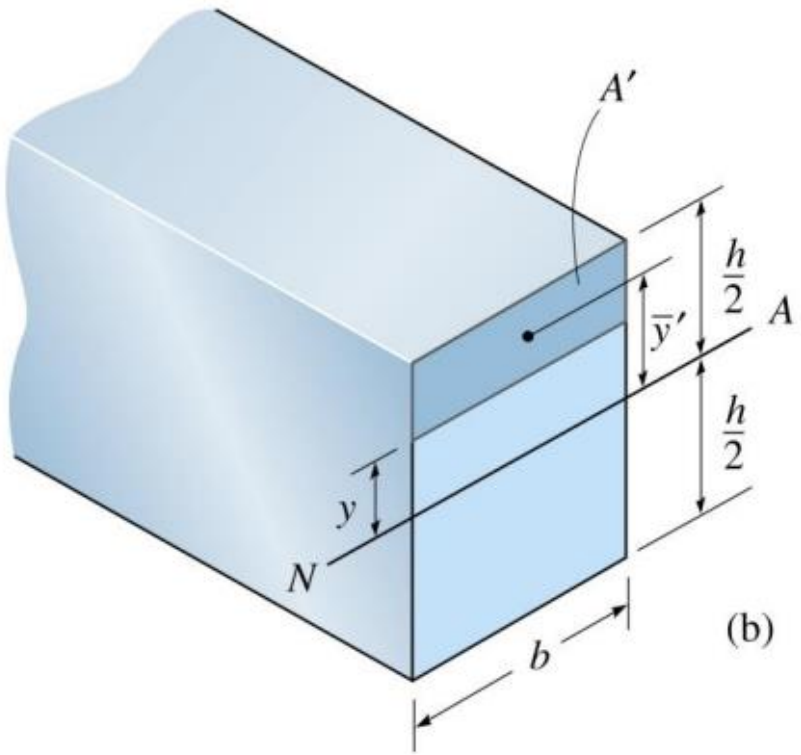
Variação da tensão de flexão
(vista lateral)

Tensão Normal devido ao Momento Fletor:

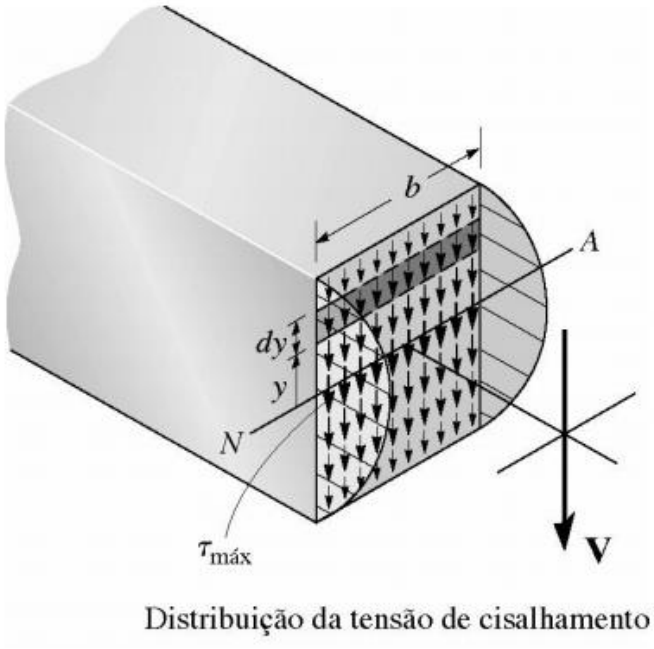
$$\sigma = \frac{My}{I}$$

Tensão Tangencial “τ” x Esf. Cortante “V” (1)

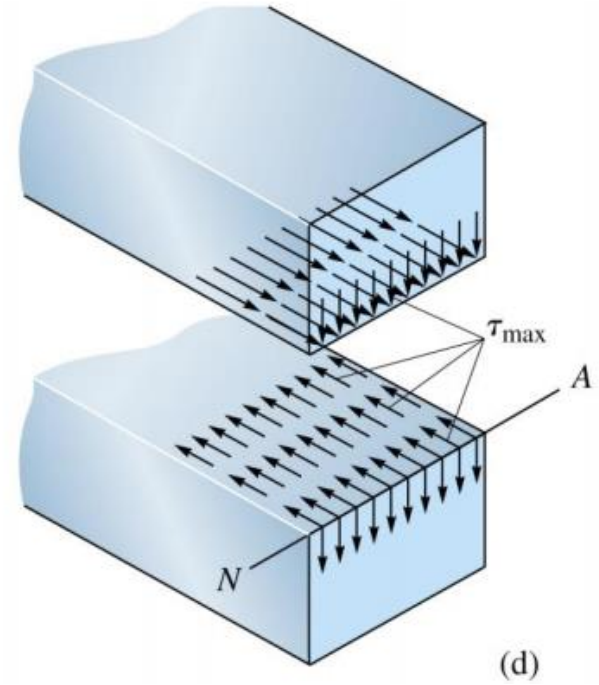




Tensão Tangencial “τ” x Esf. Cortante “V” (2)



Distribuição da tensão de cisalhamento



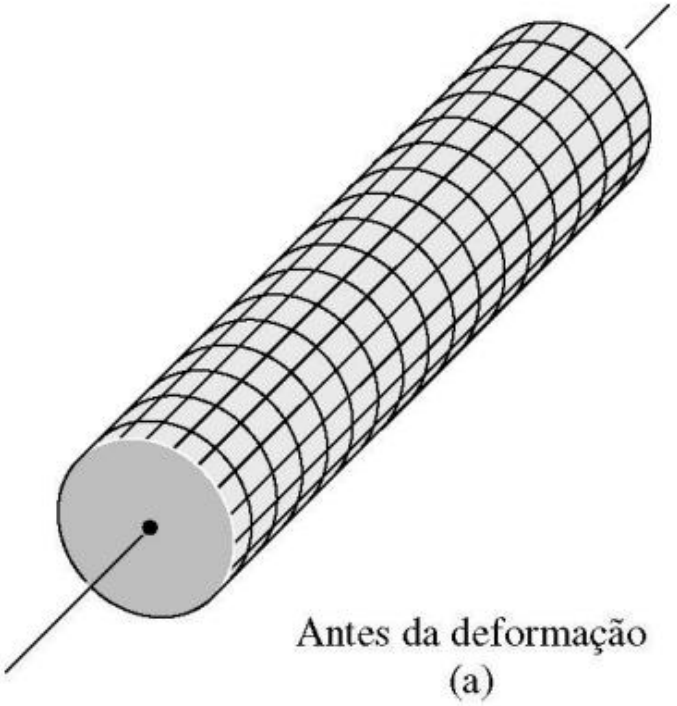
(d)

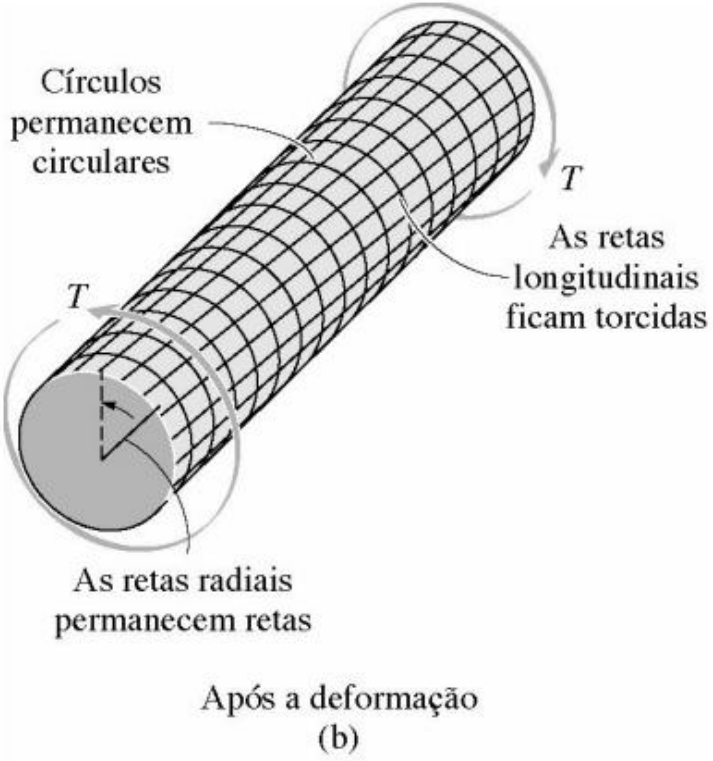
Tensão cisalhante em uma altura “y” da seção transversal :

$$\tau = \frac{VS(y)}{Ib}$$

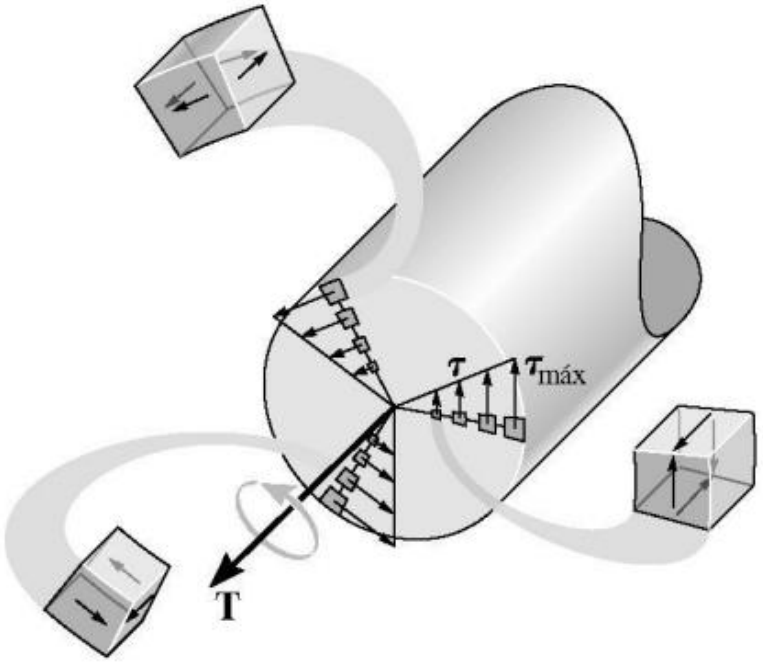
S(y) - Momento Estático de Primeira Ordem na altura “y”

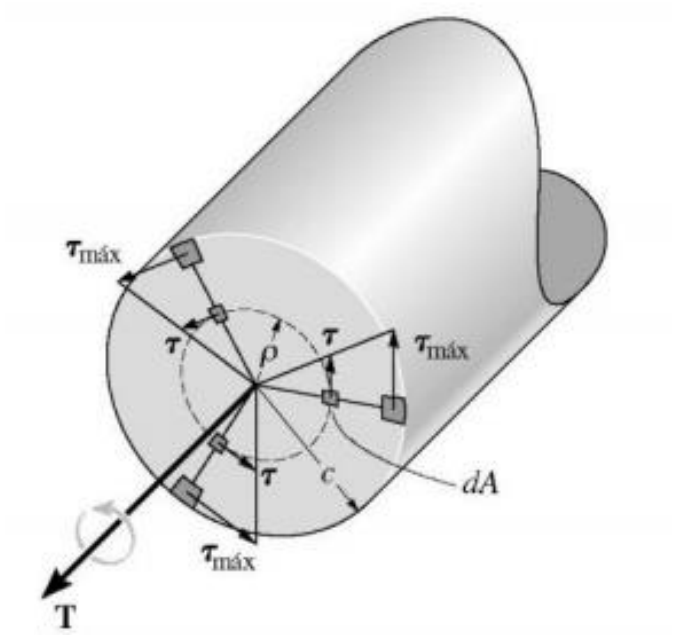
Tensão Tangencial “τ” x Mom. Torsor “V” (1)





Tensão Tangencial "τ" x Mom. Torsor "V" (2)



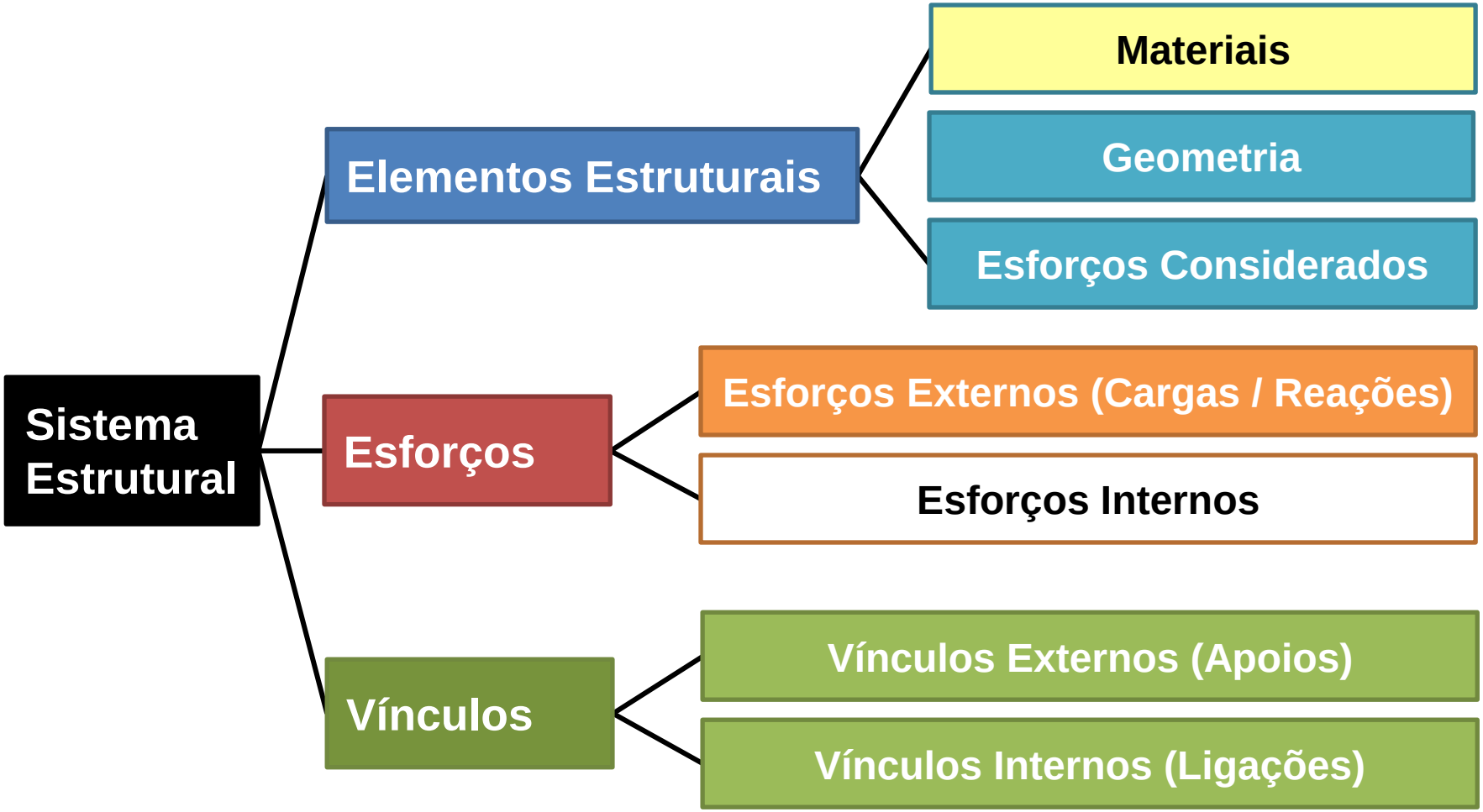


Tensão cisalhante em uma distância radial "ρ" do eixo da seção transversal :

$$\tau = \frac{T\rho}{J}$$

J – Momento de Inércia à Torção

Sistema Estrutural



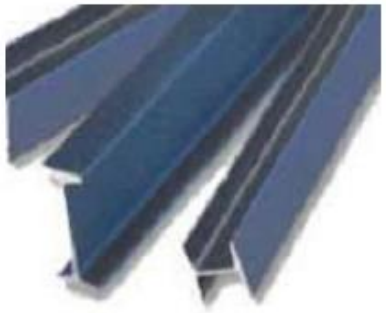
Materiais Empregados

- **Madeira**
- **Pedra**
- **Tijolo**
- **Concreto (simples, armado, protendido)**
- **Aço**
- **Alumínio**
- **Materiais compostos, etc.**

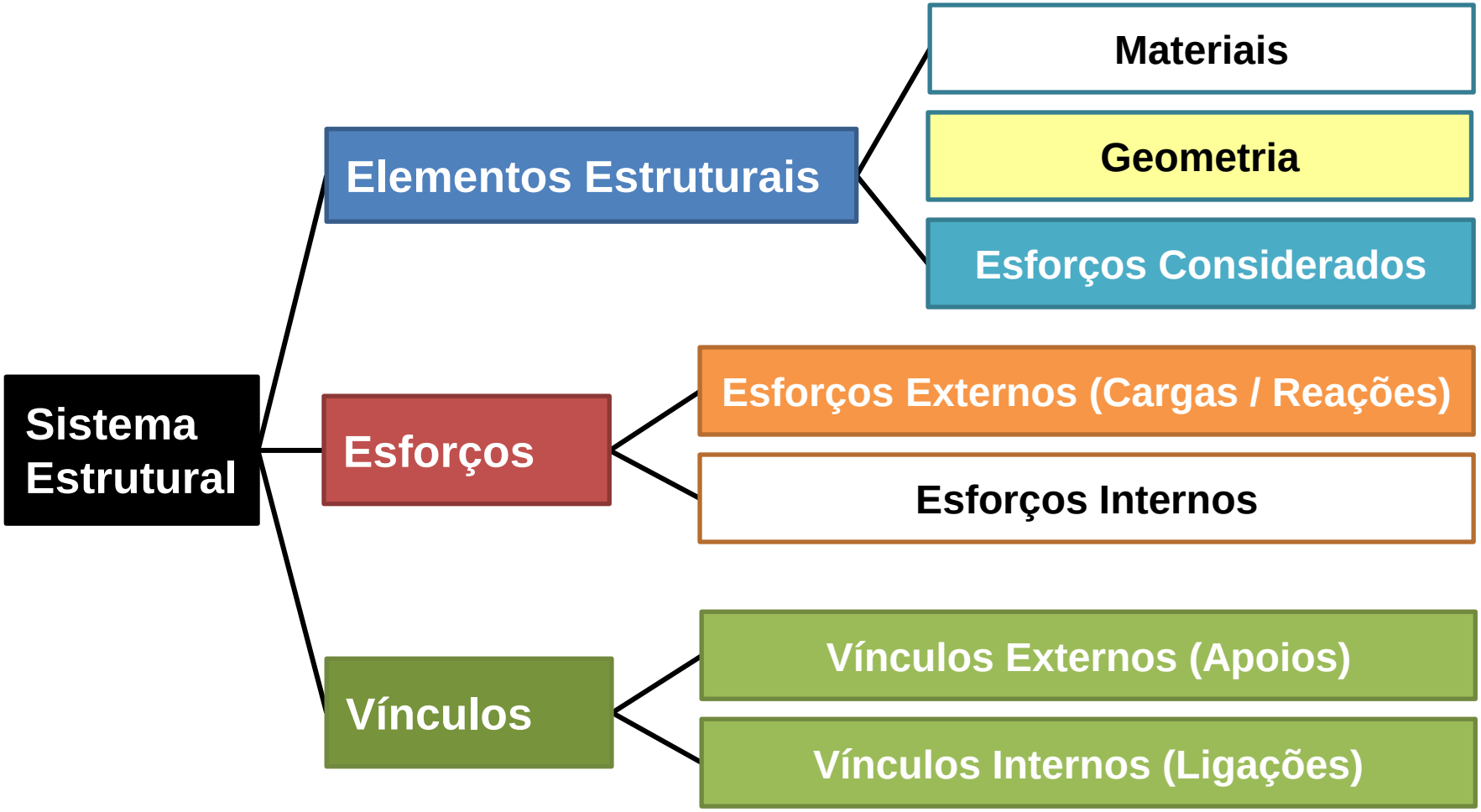








Sistema Estrutural



Classificação das Estruturas Quanto a Geometria

- **Estruturas Lineares**
  - **Barras e Reticulados Planos**
  - **Grelhas e Vigas-Balcão**

- **Estruturas Superficiais**
  - **Chapas**
  - **Placas e membranas**
  - **Cascas**

- **Estruturas Volumétricas**
  - **Blocos de Fundação**
  - **Barragens**

A Teoria das Estruturas limita-se ao estudo das Estruturas Lineares os demais tipos de estruturas são estudados em disciplinas optavivas ou de pós-graduação.

Estruturas Lineares

- **Barras e Reticulados Planos**
  - As **barras** caracterizam-se por apresentar **uma de suas dimensões predominando sobre as outras duas**.
  - Os **reticulados planos** são as estruturas formadas por **uma ou mais barras que se acham no mesmo plano de atuação das cargas** externas.

Viga - **formada por barras alinhadas**

Arco - **formado por barra cujo eixo é uma curva única**

Pórtico - **formado por barras não alinhadas**

Treliça - **formada por barras dispostas de modo a formar uma rede de triângulos**

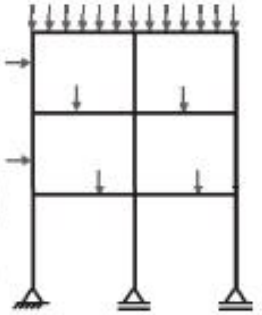
Cabo - **é a barra flexível, sem resistência à flexão**

Barras e Reticulados Planos









Pórtico

Barras e Reticulados Planos

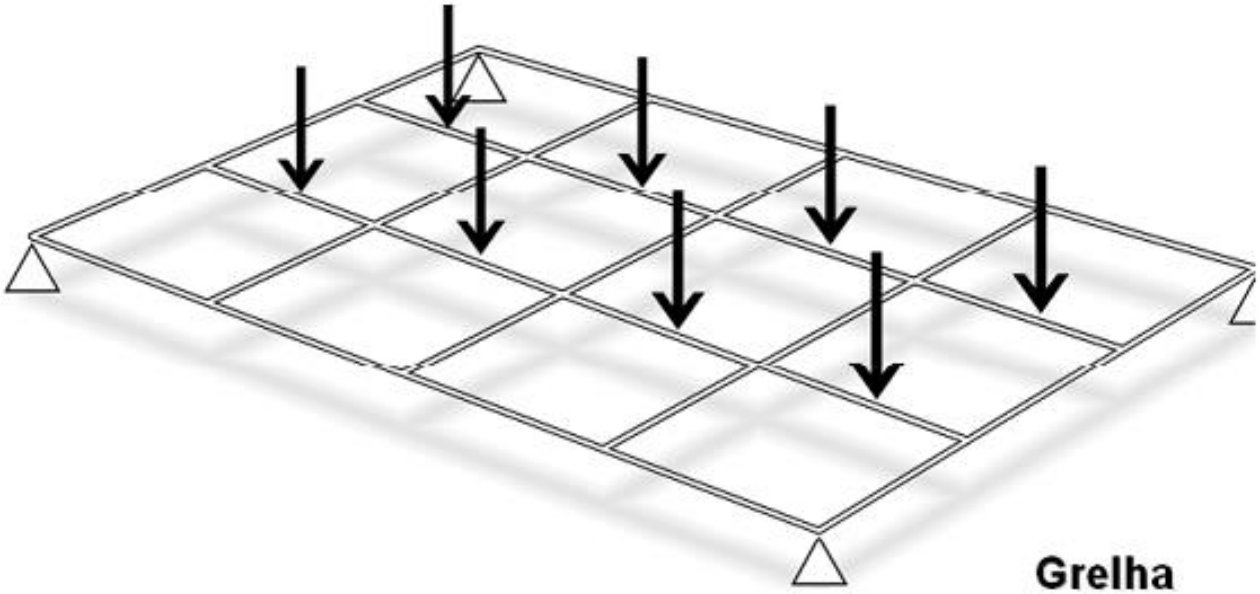




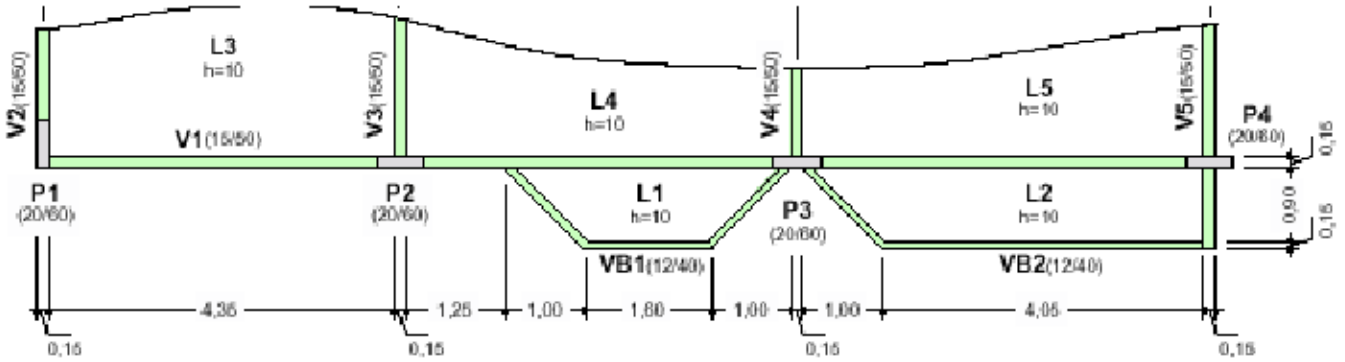
Estruturas Lineares (2)

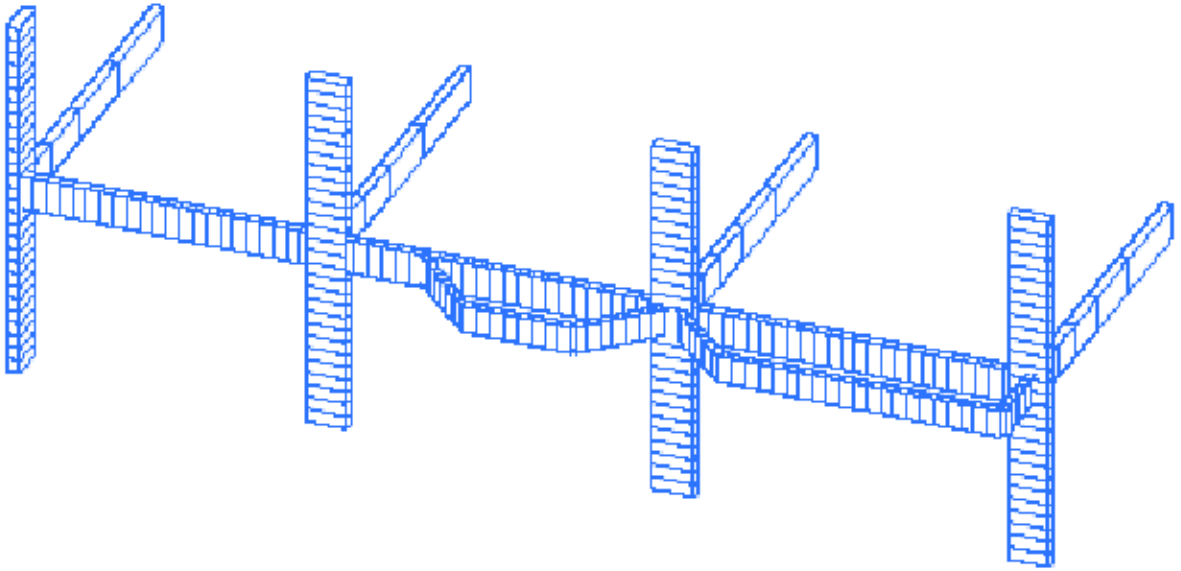
- **Grelhas e Vigas-balcão**

  – As grelhas e as vigas-balcão são as estruturas formadas por barras que se acham em um mesmo plano, sendo este plano diferente do plano de ação das cargas externas;



Viga-balcão


L3
h=10
L4
h=10
L5
h=10
L1
h=10
L2
h=10
V1(15/50)
V2(15/50)
V3(15/50)
V4(15/50)
V5(15/50)
P1
(20/60)
P2
(20/60)
P3
(20/60)
P4
(20/60)
VB1(12/40)
VB2(12/40)
0,90
0,15
0,15
4,35
1,25
1,00
1,80
1,00
1,00
4,05
0,15
0,15
0,15
0,15



Grelha

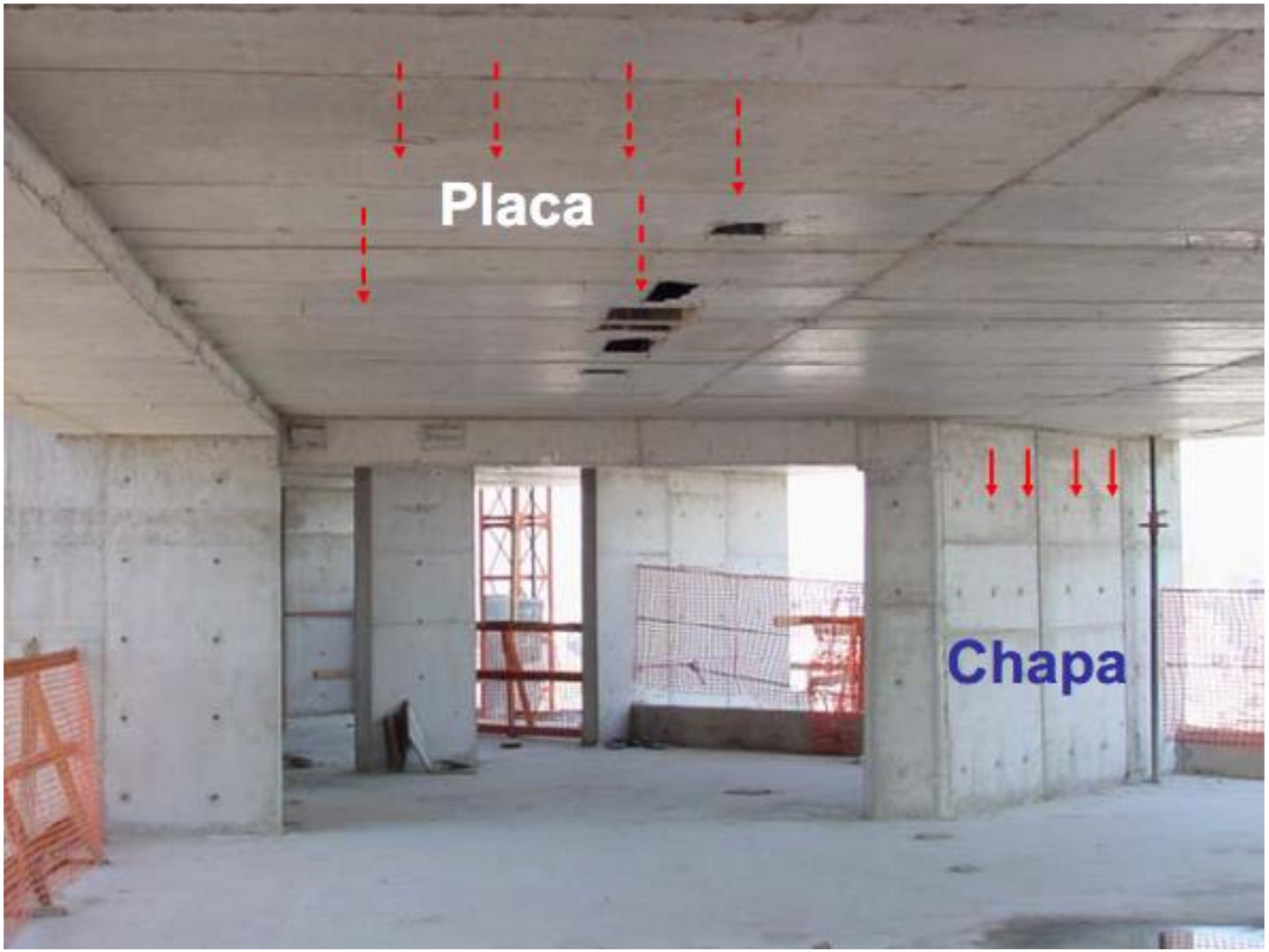


Estruturas Superficiais

Estruturas superficiais são caracterizadas por apresentar **duas de suas dimensões predominando sobre a terceira**:

- **Chapas :** as cargas são aplicadas no mesmo plano definido pelas dimensões preponderantes da estruturas
- **Placas :** as cargas são aplicadas em um plano diferente do definido pelas dimensões preponderantes (ex. lajes)
- **Membranas :** são placas sem resistência à flexão
- **Cascas :** são estruturas limitadas por duas superfícies curvas, próximas uma da outra

Placa e Chapa



Membrana e Casca





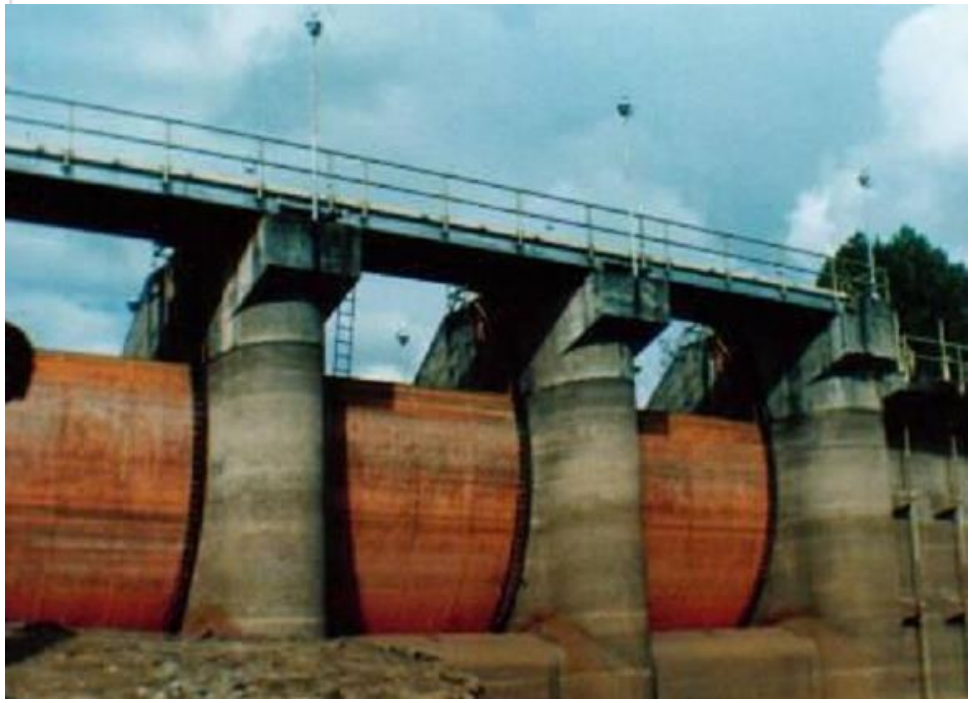


Estruturas Volumétrias

Estruturas nas quais as três dimensões possuem valores que **não preponderam uma sobre as outras**.



Bloco de fundação



FIM

TE1-B1-1000

Uma barra de seção transversal quadrada com lado de comprimento 11,000 cm tem comprimento longitudinal de 1,5000 m sendo engastada em uma ponta e livre na outra, A barra é feita de um material frágil cujo módulo de elasticidade é E = 22,500 GPa que logo após o regime elástico linear rompe em uma tensão de 14,000 MPa,
Dado que na ponta livre é aplicada uma força axial de tração de 135,52 kN determine:

Q01 - A tensão normal em uma seção bem no meio da barra é:
(A) 1792,0 tf/m2 (B) 6720,0 kPa (C) 10,080 MPa (D) 11200, kPa

Q02 - O deslocamento axial da ponta livre da barra é:
(A) 0,74667 mm (B) 0,0011200 m (C) 0,00044800 (D) 0,11947 cm

Q03 - A deformação axial da barra é:
(A) 0,00049778 (B) 0,00039822 (C) 0,29867 mm (D) 0,079644 cm

Q04 - A rigidez axial da barra é:
(A) 2904,0 kN/m (B) 1,8150e+05 kN/m (C) 108,90 kN/m (D) 1,9965e+05 kN/m

Q05 - Qual a máxima carga axial que pode ser aplicada na barra sem que ela rompa?
(A) 0,10164 MN (B) 22,022 tf (C) 16,940 tf (D) 271,04 kN