

Cap. I – Introdução

Conteúdo

1. Introdução

2. Conceitos Fundamentais

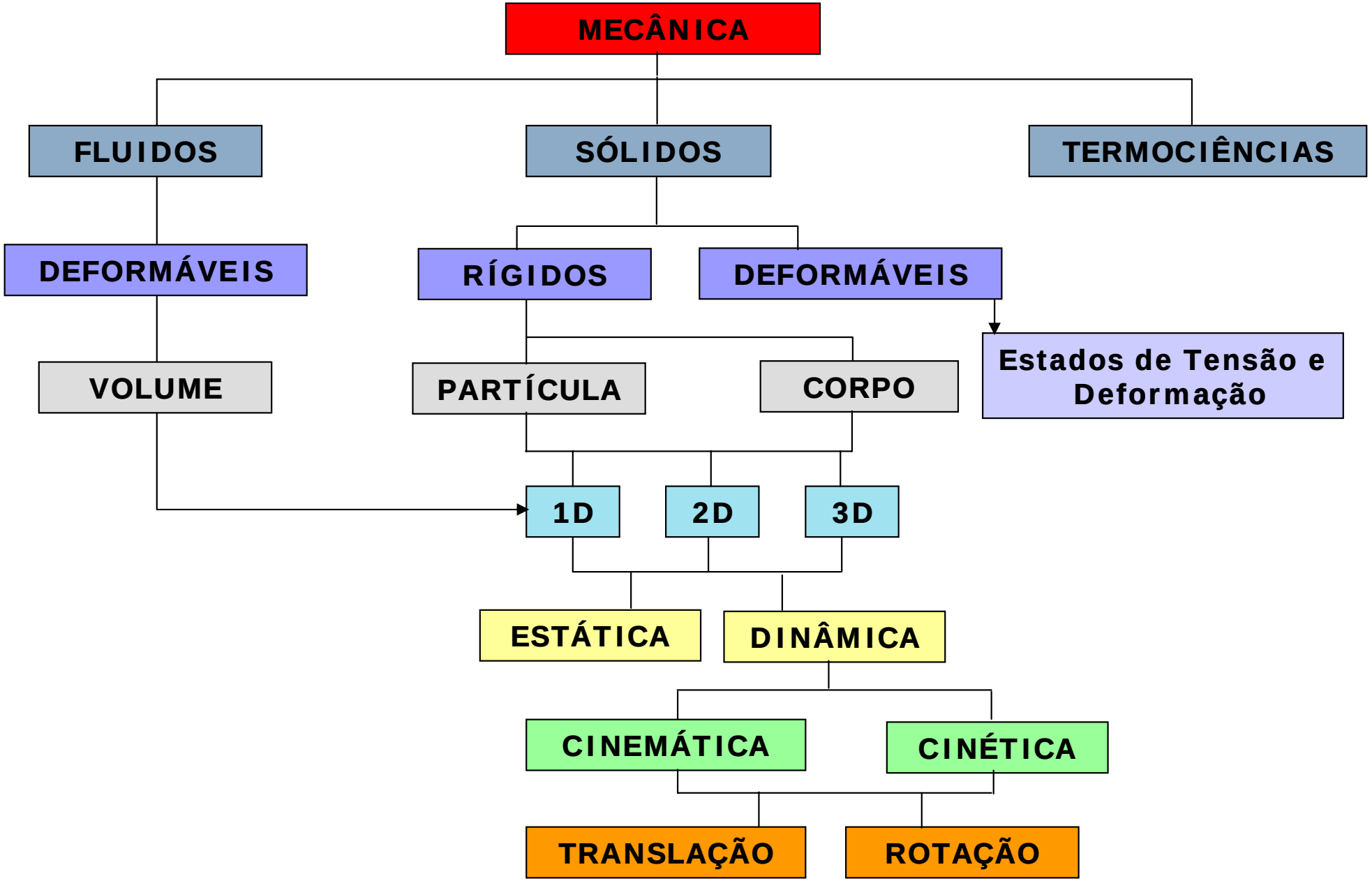
3. Revisão da Análise do Comportamento de Fluidos

4. Máquinas de Fluxo - Turbomáquinas

5. Máquinas Hidráulicas Operatrizes - Bombas

6. Máquinas Hidráulicas Motrizes - Turbinas

Eng. Mecânica – Ciências Fundamentais



Definições

- ***Fluido (líquidos e gases):*** Substância que se deforma continuamente sob ação de uma tensão de cisalhamento, por menor que seja esta tensão. Ou seja, uma substância fluida não oferece nenhuma resistência a tensões de cisalhamento.

- ***Máquina:*** Dispositivo que transforma energia de uma forma para outra, segundo uma necessidade e um processo específicos. Por exemplo: energia mecânica (escoamento ou térmica) em elétrica, elétrica em mecânica, cinética em potencial, potencial em cinética, etc

- ***Máquinas de Fluxo:*** Operam segundo o escoamento (fluxo) de uma substância fluida em seu interior, transformando a energia do escoamento do fluido, na forma de **pressão e vazão**, em trabalho mecânico útil. Ou ao contrário, recebendo trabalho mecânico de uma fonte externa, na forma de **torque e rotação**, e transformando-o em energia de escoamento do fluido para um aproveitamento específico.

Definições

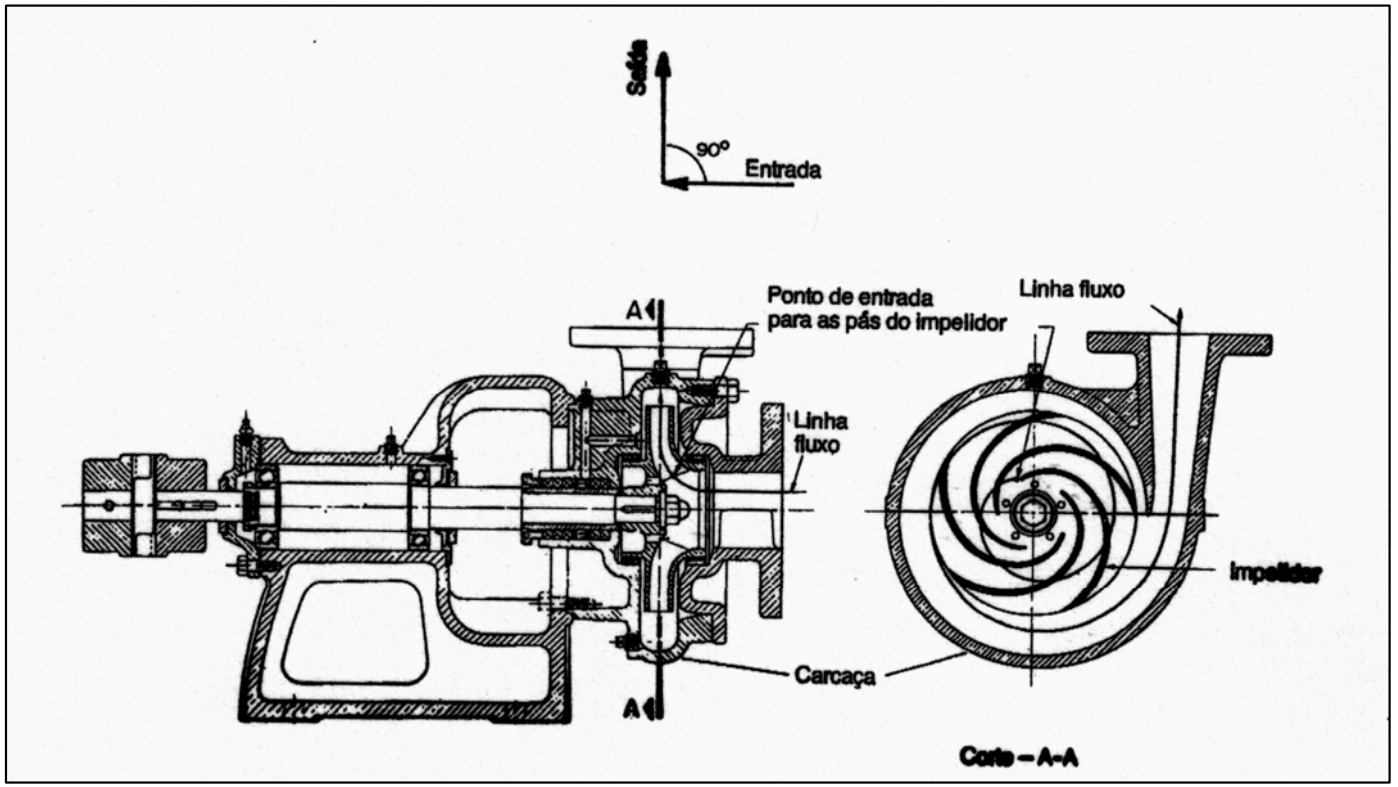
- ***Máquinas de Fluxo Operatrizes:*** "Operam" sobre o fluido, a partir do trabalho mecânico recebido de uma fonte externa, transformando este trabalho em energia de escoamento do fluido, visando um aproveitamento útil. Ou seja, **cedem energia ao fluido**. Por exemplo: bombas hidráulicas e ventiladores.

- ***Máquinas de Fluxo Motrizes:*** São "operadas", ou ainda, movidas pelo escoamento forçado do fluido em seu interior, transformando a energia do escoamento em trabalho mecânico útil a ser disponibilizado para geração de outra forma de energia. Ou seja, **recebem energia do fluido.** Por exemplo: turbinas hidráulicas e térmicas.

- ***Máquinas Hidráulicas:*** Operam segundo o fluxo de uma substância **líquida**, podendo ser classificadas como **operatrizes** ou **motrizes**, segundo a definição acima. Neste curso, o foco estará no estudo das máquinas hidráulicas cujo fluido de trabalho é a **água**, ou seja bombas d'água e turbinas hidráulicas.

Definições

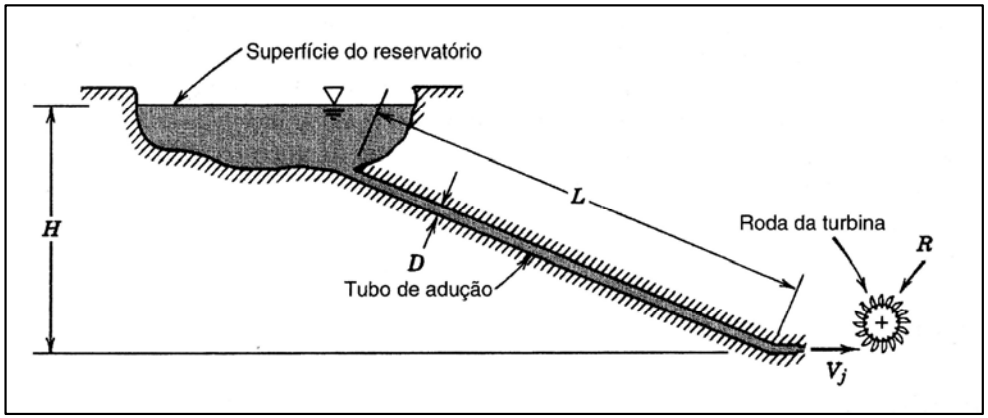
- ***Máquinas Operatrizes Hidráulicas - Bombas:***



Definições

- ***Máquinas Motrizes Hidráulicas - Turbinas:***

Turbina de Impulsão

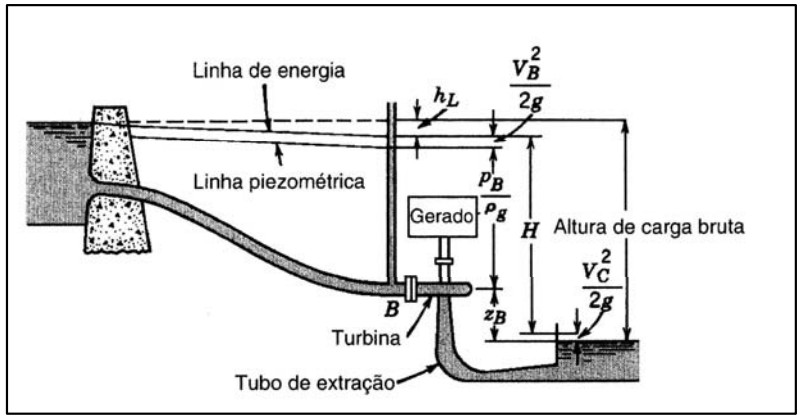




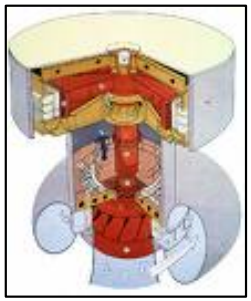
Pelton



Turbina de Reação

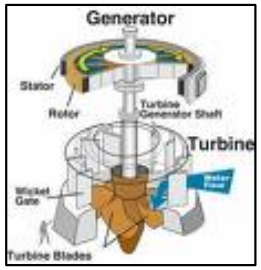


Francis





Kaplan

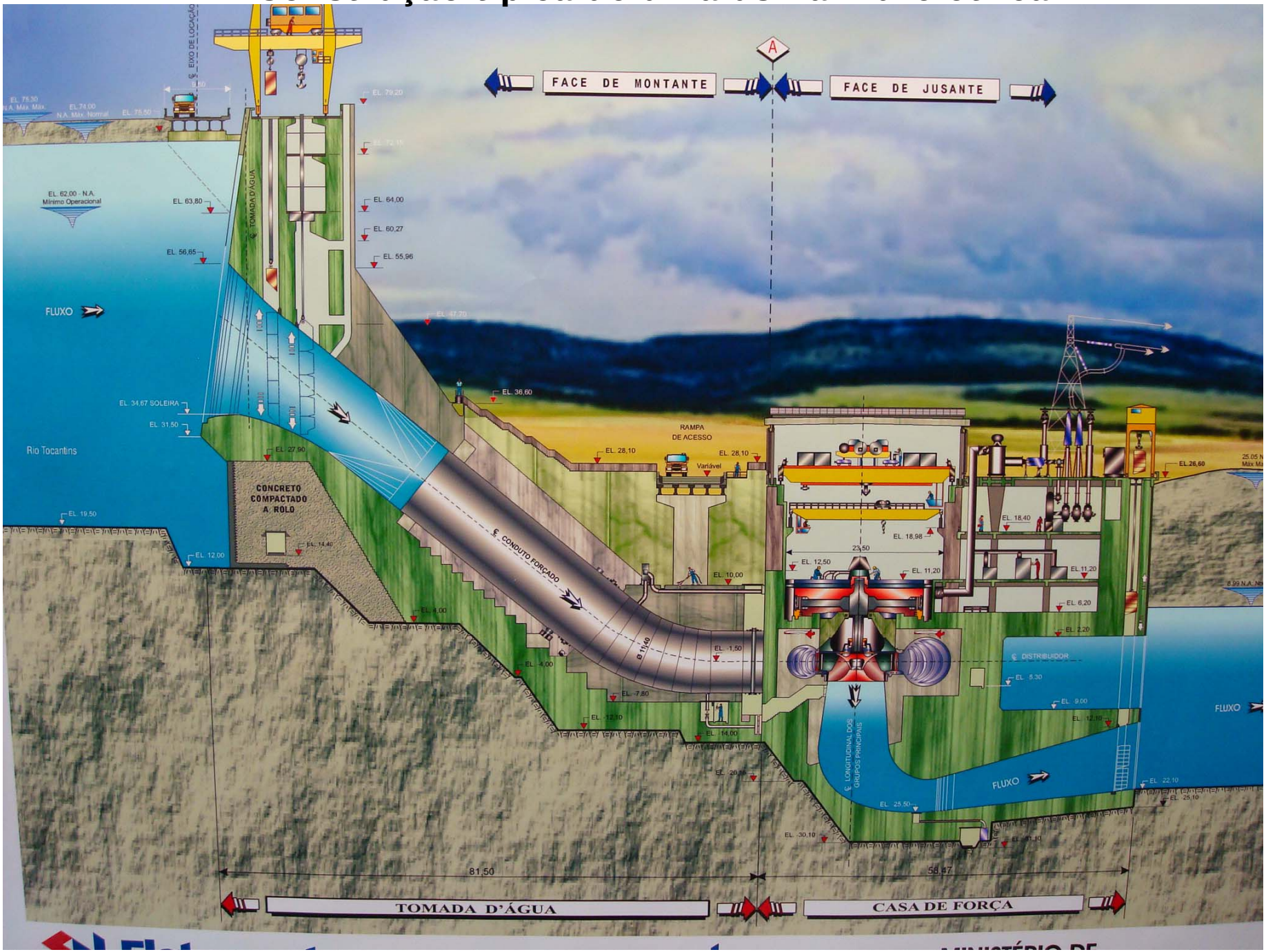








Construção típica de uma usina hidrelétrica



A importância das máquinas hidráulicas e porque estudá-las.

São necessidades humanas básicas:

- Deslocar água de um local a outro;

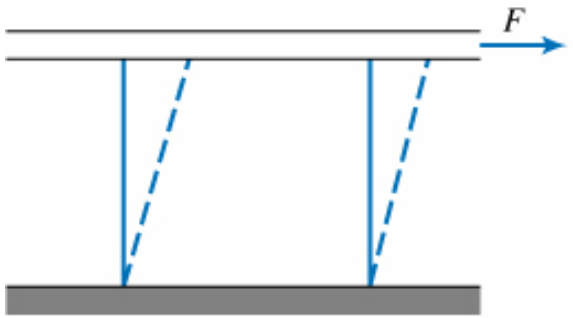
- Aproveitar a energia potencial gravitacional contida num reservatório de água, a fim de transformá-la em outra forma de energia, sendo a elétrica a forma mais necessária à humanidade nos tempos modernos.

Objetivo do curso:

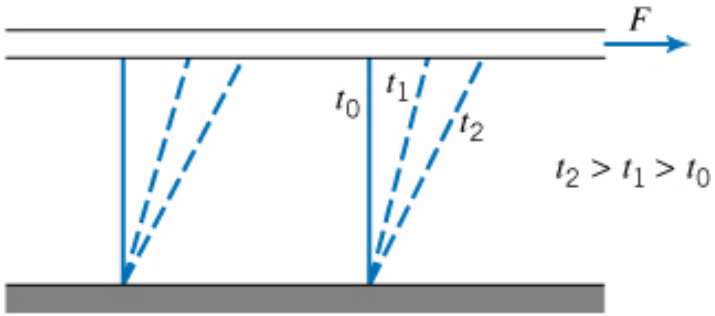
- Fornecer as bases para a compreensão da aplicação dos fundamentos teóricos de hidrodinâmica ao princípio de funcionamento das turbomáquinas.

Comportamento Sólido X Fluido:

Para o sólido, dentro do limite elástico: $\tau \propto \varepsilon, \quad \tau = \frac{F}{A}$



Para o fluido, a deformação é constante e contínua durante todo o tempo em que a força é aplicada.



Importante: Experimentalmente, é provado que o fluido em contato direto com o contorno sólido possui a mesma velocidade que este, ou seja: NÃO HÁ DESLIZAMENTO NO CONTORNO

Equações Básicas da Dinâmica dos Fluidos:

1- Conservação da Massa:

$$\left.\frac{dM}{dt}\right)_{sistema} = 0,\ M_{sistema} = \int_{M(sistema)} dm = \int_{\forall(sistema)} \rho d\forall$$

2- Segunda Lei de Newton:

$$\sum \vec{F} = \left.\frac{d\vec{P}}{dt}\right)_{sistema},\ \vec{P}_{sistema} = \int_{M(sistema)} \vec{V} dm = \int_{\forall(sistema)} \vec{V}\rho d\forall$$

3- Quantidade de Mov. Angular:

$$\sum \vec{M} = \left.\frac{d\vec{H}}{dt}\right)_{sistema},\ \vec{H}_{sistema} = \int_{M(sistema)} \vec{r}\times\vec{V} dm = \int_{\forall(sistema)} \vec{r}\times\vec{V}\rho d\forall$$

4- 1ª Lei da Termodinâmica:

$$\dot{Q} - \dot{W} = \left.\frac{dE}{dt}\right)_{sistema},\ E_{sistema} = \int_{M(sistema)} e dm = \int_{\forall(sistema)} e\rho d\forall \qquad e = u + \frac{V^2}{2} + gz$$

5- 2ª Lei da Termodinâmica:

$$\left.\frac{dS}{dt}\right)_{sistema} \geq \frac{1}{T}\dot{Q},\ S_{sistema} = \int_{M(sistema)} s dm = \int_{\forall(sistema)} s\rho d\forall$$

Equações constitutivas: descrevem o comportamento das propriedades físicas dos fluidos sob certas condições.

Exemplo: equação de estado de um gás ideal $p = \rho RT$

Métodos de Análise no Escoamento de Fluidos:

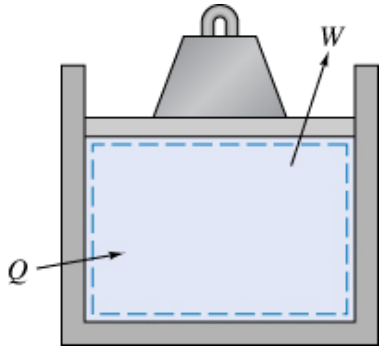
Definição do Sistema a ser analisado:

- **Em mecânica do corpo rígido**: Diagrama de Corpo Livre;
- **Em mecânica dos fluidos**: Sistema/Volume de Controle;
- **Em termodinâmica**: Sistema Aberto ou Fechado

Sistema:

- Representa uma quantidade fixa e identificável de massa
- Limites: fixos ou móveis
- Não há saída nem entrada de massa

Exemplo clássico de sistema: sistema pistão-cilindro da termodinâmica

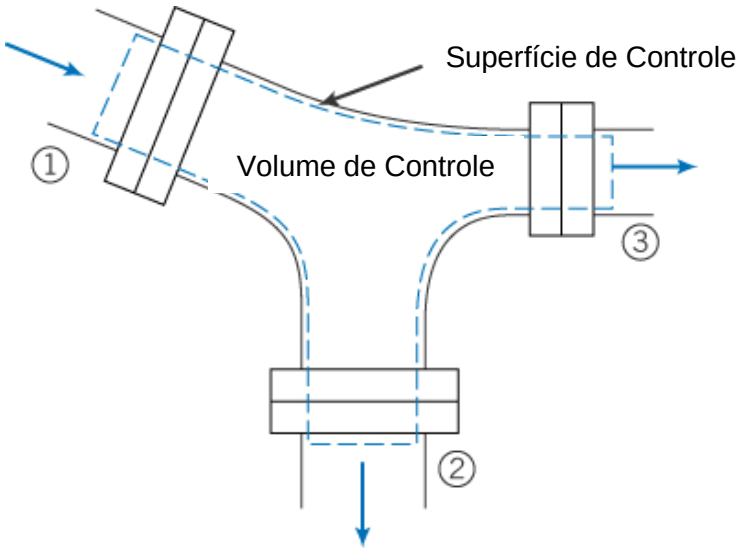


Volume de Controle:

No escoamento de fluidos através de equipamentos, é difícil focalizar a atenção numa determinada quantidade de massa fixa e identificável, sendo mais conveniente focalizar a atenção, para fins de análise, em um **volume arbitrário e fixo no espaço através do qual o fluido escoa**.

Superfície de Controle: Contorno geométrico (real ou imaginário, em repouso ou movimento) do volume de controle.

Exemplo: tubulação



Métodos de Análise - Classificação

Método Integral:

- Determinação do comportamento global do escoamento
- Baseado em equações integrais
- Aplicado na análise de sistemas/volumes de controle finitos

Método Diferencial:

- Determinação do comportamento detalhado do escoamento
- Baseado em equações diferenciais
- Aplicado na análise de sistemas/volumes de controle infinitesimais

Métodos de Descrição - Classificação

Método de Lagrange:

- A partícula é acompanhada durante o deslocamento
- Apropriado para aplicação na mecânica do corpo rígido

Método de Euler:

- É empregada a descrição de **campo** das grandezas pertinentes ao fenômeno
- Apropriado para aplicação na mecânica fluidos

Campo:

- Define o valor de uma determinada grandeza do escoamento, como função contínua da **posição** (ponto) no espaço e do **tempo**.

Dimensões e Unidades

Grandezas Físicas Fundamentais:

- Aquelas para as quais são estabelecidas escalas de medida arbitrárias, baseadas em padrões

Grandezas Físicas Derivadas:

- Aquelas cujas dimensões são expressas em termos das dimensões das grandezas fundamentais

Sistemas de Dimensões:

1- Massa [M], Comprimento [L], Tempo [t], Temperatura [T]

2- Força [F], Comprimento [L], Tempo [t], Temperatura [T]

Sistemas de Unidades:

1- MLtT: Sistema Internacional (SI); kg, m, s, ^{o}K $\Rightarrow$ a força é derivada (Newton)

2- FLtT: Sistema Britânico; lbf, ft, s, ^{o}R $\Rightarrow$ a massa é derivada (slug)

Grandezas derivadas úteis do SI para Máquinas Hidráulicas

Área	L^2	m^2
Volume	L^3	m^3
Velocidade	Lt^{-1}	m/s
Aceleração	Lt^{-2}	m/s^2
Força	MLt^{-2}	N
Frequência	t^{-1}	Hz
Pressão	$ML^{-1}t^{-2}$	Pa
Peso Especif.	$ML^{-2}t^{-2}$	N/m^3
Massa Especif.	ML^{-3}	kg/m^3
Energia	ML^2t^{-2}	J=N.m
Trabalho	ML^2t^{-2}	J=N.m
Vazão em vol.	L^3t^{-1}	m^3/s
Vazão em massa	Mt^{-1}	kg/s
Potencia	ML^2t^{-3}	W=J/s
Veloc. Angular	t^{-1}	rad/s
Acel. Angular	t^{-2}	rad/s^2
Viscosidade Absoluta	$ML^{-1}t^{-1}$	Pa.s
Viscosidade Cinemática	L^2t^{-1}	m^2/s

Conversões usuais:

1 pol = 0,0254m

1lbm = 0,4536kg

1ft = 0,31m

$g = 9{,}81 m/s^2 = 32{,}174 ft/s^2$

Temperatura:

$t_F = (9/5)t_c + 32$

$t_R = t_F + 459{,}67$

$t_K = t_c + 273{,}15$